

รายงานการวิจัย

การวิเคราะห์โครงสร้างพันธุกรรมและการผสมผสานทางพันธุกรรมของประชากร
ภาคอีสานตอนใต้เพื่อเป็นฐานข้อมูลดีเอ็นเอในงานนิติวิทยาศาสตร์

**Analysis of genetic structure and admixture of Northeastern Thai populations
residing in the Lower part of Northeastern Thailand for using in forensic
database**

อาจารย์ ดร.วิภู กุตะนันท์

ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัย ประเภทอุดหนุนทั่วไป

ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2556

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณอาสาสมัครชาวไทยอีสาน อำเภอพุทธไธสง จังหวัดบุรีรัมย์ อำเภอโพธิ์ไทร จังหวัดอุบลราชธานี และ อำเภอเมือง จังหวัดชัยภูมิ ที่เสียสละเวลาเข้าร่วมโครงการวิจัย ขอขอบคุณทีมงานผู้ช่วยวิจัย ในการติดต่อประสานงานและเก็บตัวอย่างประชากร ดังรายนามต่อไปนี้ รตอ.หญิง พิชชาภา บุญโสดา นางสาวศุภรัตน์ ศรีทะวงษ์ นางสาวอาทิตยา คำเหลา นายณัฏพล พลธรรม และ นางสาวกนกพร ศรีแดง

ขอขอบคุณ ศาสตราจารย์ พญ.พัชรีย์ เลิศฤทธิ์ ภาควิชาชีวเคมี คณะแพทยศาสตร์ ศิริราชพยาบาล ที่ให้ความอนุเคราะห์ให้ลำดับเบสของชาวเขมร และชาวนน ขอขอบคุณอาจารย์ ดร.จตุพล คำปวนสาย ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ช่วยให้คำปรึกษาและร่างบทความวิจัย

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากทุนอุดหนุนการวิจัย ประเภทอุดหนุนทั่วไป มหาวิทยาลัยขอนแก่น ประจำปีงบประมาณ 2556 (รหัสโครงการ 563802)

อาจารย์ ดร.วิภู กุตะนันท์

11 พฤศจิกายน 2556

บทคัดย่อ

ชาวไทยอีสานเป็นกลุ่มประชากรที่มีจำนวนมากที่สุดในภาคอีสานของประเทศไทย อพยพมาจากประเทศลาวเมื่อประมาณ 200 ปีที่ผ่านมา จนถึงปัจจุบันการศึกษาความผันแปรของดีเอ็นเอไมโทคอนเดรียในพื้นที่ภาคอีสานมีจำนวนจำกัด งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมและโครงสร้างทางพันธุกรรมของประชากรชาวไทยอีสานจำนวน 3 ประชากร โดยอาศัยความผันแปรของดีเอ็นเอไมโทคอนเดรียบริเวณที่มีความหลากหลายสูง (HVR-1) คณะผู้วิจัยยังทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางเชื้อสายระหว่างชาวไทยอีสานและประชากรข้างเคียงทั้งที่อาศัยอยู่ในประเทศไทยและประเทศเพื่อนบ้าน ผลการศึกษาพบว่าชาวไทยอีสานมีความสัมพันธ์ทางเชื้อสายที่ใกล้ชิดกับประชากรชาวลาวและชาวเขมร ซึ่งแสดงถึงการเกิดยีนโฟลว์ระหว่างประชากร ผลของการผสมผสานทางพันธุกรรมในประชากรลูกผสมชาวไทยอีสานพบสัดส่วนพันธุกรรมของประชากรพ่อแม่ชาวลาวมากกว่าประชากรพ่อแม่ชาวเขมร รูปแบบของสัดส่วนการผสมผสานทางพันธุกรรมภายในชาวไทยอีสานมีลักษณะที่หลากหลาย ชาวไทยอีสานที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ทางตอนใต้ได้รับสัดส่วนพันธุกรรมจากประชากรพ่อแม่ชาวเขมรมากกว่าชาวไทยอีสานที่อาศัยอยู่ในพื้นที่เหนือขึ้นมา การเพิ่มการศึกษาเครื่องหมายพันธุกรรมจากดีเอ็นเอไมโทคอนเดรียบริเวณ HVR-2 และเครื่องหมายทางพันธุกรรมที่มีรูปแบบการถ่ายทอดชนิดอื่น เช่น โครโมโซมวาย และออโตโซม จะช่วยให้การศึกษาประวัติการสืบเชื้อสายของประชากรชาวไทยอีสานมีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

Abstract

The Thai Isan are the largest group in Northeastern Thai people who migrated from the territory of present-day Laos around 200 years ago. There are a limited number of previous studies of mtDNA diversity in Northeastern Thai populations. Present study aimed to investigate genetic variation and genetic structure in three Thai Isan populations by analyzing mitochondrial DNA variation in hypervariable region 1 (HVR-1). We also evaluated genetic relationship and admixture between Thai Isan and surrounding populations from Northeastern Thailand and neighboring countries. The studied Thai Isan populations revealed genetic differentiation from each other and from compared populations. Thai Isan exhibited close relationship with surrounding populations, particularly the Laos and Khmer, reflecting extensive gene flow among them. Admixture proportions observed in almost Thai Isan populations exhibited a higher contribution from the parental Laos than the Khmer. Different admixture pattern reflects genetic heterogeneity of Thai Isan groups. The lower the latitude, the higher the Khmer contribution might be associated with the ethnic constitution of parental populations in each Thai Isan population. More genetic data from HVR2 and coding region as well as different marker systems, like Y-chromosome and autosomal DNA, are need to infer population history of Thai Isan populations.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญตาราง	จ
สารบัญภาพ	ฉ
บทนำ	1
วิธีการดำเนินการวิจัย	5
1. กลุ่มตัวอย่าง	5
2. การสกัดดีเอ็นเอและตรวจสอบคุณภาพและปริมาณของดีเอ็นเอ	5
3. การเพิ่มขยายชิ้นส่วนของดีเอ็นเอไมโทคอนเดรียด้วยปฏิกิริยาลูกโซ่ พอลิเมอเรส	6
4. หลอมดับเบส	7
5. การวิเคราะห์ข้อมูล	7
ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย	11
1. ผลผลิตจากการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอ	11
2. ความผันแปรของลำดับเบสและแฮปโลไทป์	11
3. โครงสร้างทางพันธุกรรม	14
4. ความสัมพันธ์ระหว่างประชากร	15
5. การผสมผสานทางพันธุกรรม	20
สรุปผลการวิจัย	23
บรรณานุกรม	25
ภาคผนวก ลำดับเบสของประชากรไทยอีสาน	29

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 ข้อมูลทั่วไป และความหลากหลายทางพันธุกรรมของประชากรที่ศึกษา และประชากรที่ใช้เปรียบเทียบ	10
ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ AMOVA	12
ตารางที่ 3 ค่า MPD (Mean number of pairwise differences)	18
ตารางที่ 4 ระยะห่างทางพันธุกรรม แบบ pairwise difference (F_{st}) และความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ	19

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1 ตำแหน่งที่ตั้งตามภูมิศาสตร์ของประชากรชาวไทยอีสานที่ศึกษา	8
ภาพที่ 2 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการผสมผสานพันธุกรรม ของ Bertorelle and Excoffier (1998)	9
ภาพที่ 3 ผลผลิตจากการทำปฏิกิริยาลูกโซ่พอลิเมอร์	11
ภาพที่ 4 ความแตกต่างของลำดับเบสที่พบในแต่ละแฮปโลไทป์ ทั้งหมด 76 แฮปโลไทป์	13
ภาพที่ 5 กราฟการกระจายของจำนวนเบสที่แตกต่างกันในแต่ละประชากรไทยอีสาน	15
ภาพที่ 6 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมแบบ multidimensional scaling (MDS) ที่สร้างจากระยะห่างทางพันธุกรรมแบบ pairwise difference (F_{st})	17
ภาพที่ 7 แผนภูมिवงกลมแสดงสัดส่วนทางพันธุกรรมในประชากรชาวไทยอีสาน ที่ได้รับมาจากประชากรพ่อแม่	22

บทนำ

พื้นที่บริเวณภาคอีสานของประเทศไทย นับเป็นบริเวณที่มีความน่าสนใจในการศึกษาการผสมผสานระหว่างชาติพันธุ์ทั้งในแง่ภูมิศาสตร์และกลุ่มประชากร ภาคอีสานมีลักษณะภูมิประเทศที่ตั้งอยู่ในแอ่งที่ราบสูงโคราช ประกอบกับการมีอาณาเขตที่ติดกับประเทศลาวและกัมพูชา ซึ่งเป็นปัจจัยทำให้กลุ่มชาติพันธุ์ต่างๆ ต้องพัฒนาปฏิสัมพันธ์ระหว่างกันและนำไปสู่การผสมผสานทางพันธุกรรม กลุ่มชาติพันธุ์ที่มีจำนวนมากที่สุด คือ ชาวไทยอีสาน (Thai-Isan) ซึ่งพูดภาษาตระกูลย่อยไท-กะได (Tai-Kadai linguistic subfamily) ซึ่งมีจำนวนประมาณ 21 ล้านคน (McCargo and Hongladarom, 2001) คำว่า อีสาน (Isanna) มีรากศัพท์มาจากศัพท์ภาษาสันสกฤต ซึ่งหมายถึงเมืองโบราณของอาณาจักรของชาวเขมร (Bonnie Pacala and Somroay, 2010) ชาวอีสานจึงหมายถึงกลุ่มคนลาวที่อพยพมาจากประเทศลาวแต่มีสัญชาติไทย นอกจากนั้นยังมีประชากรอีกหลายกลุ่มชาติพันธุ์ที่พูดภาษาตระกูลย่อยไท-กะได เช่น ภูไท (Phutai) และประชากรดั้งเดิมที่พูดภาษาตระกูลย่อยมอญ-เขมร (Mon-Khmer linguistic subfamily) เช่นชาวเขมร (Khmer) และชาวนน (Chaobon) เป็นต้น (Keyes, 1974; Lewis, 2009) จากจำนวนกลุ่มชาติพันธุ์ที่มีจำนวน 18 กลุ่ม ที่พูดภาษา 3 กลุ่มย่อย (subfamily) แบ่งเป็น 22 สำเนียง (dialects) (Premssirat, 1999) แสดงให้เห็นถึงความหลากหลายของประชากรในพื้นที่บริเวณภาคอีสาน

ชาวอีสานอพยพมาจากบริเวณประเทศลาวในปัจจุบัน ซึ่งก่อนที่ชาวลาวจะอพยพข้ามแม่น้ำโขงมาอาศัยอยู่ในภาคอีสาน เมื่อประมาณศตวรรษที่ 9 ดินแดนแห่งนี้ถูกรอบครองโดยอาณาจักรของชาวเขมร ชื่อว่า อังกอร์ (Angkor) ซึ่งในปัจจุบันได้พบหลักฐานทางโบราณคดีมากมาย เช่น ปราสาทหินตามจังหวัดต่างๆ ที่อยู่ในบริเวณอีสานตอนใต้ (Wongtaed, 1999; Schliesinger, 2001) หลังจากที่อาณาจักรของชาวเขมรเสื่อมถอยลง และด้วยเหตุผลทางการปกครองระหว่างอาณาจักรสยาม และอาณาจักรล้านช้าง ของประเทศลาวในขณะนั้น ทำให้เกิดการอพยพของชาวลาวจำนวนมาก ซึ่งรูปแบบของการอพยพจะอยู่ในรูปของการถูกจี้มาเบียดเบียนใน ช่วงประมาณศตวรรษที่ 14 และ 18 (Keyes, 1967) จนกระทั่งชาวฝรั่งเศสได้เข้ามามีการปกครองบริเวณคาบสมุทรอินโดจีน ในศตวรรษที่ 19 ทำให้เกิดการแบ่งแยกของดินแดนระหว่างสองฝั่งแม่น้ำโขง โดยฝั่งซ้ายกลายเป็นประเทศลาวในปัจจุบัน และฝั่งขวาเป็นดินแดนของภาคอีสาน ประเทศไทยในปัจจุบัน (Schliesinger, 2001) จากหลักฐานทางประวัติศาสตร์และโบราณคดี ระบุว่าบริเวณภาคอีสานตอนใต้ เป็นพื้นที่ที่มีการผสมผสานของวัฒนธรรม (biculturalism) โดยเฉพาะในพื้นที่ของจังหวัด สุรินทร์ บุรีรัมย์ อุบลราชธานี นครราชสีมา และศรีสะเกษ (Vail, 2007) ดังนั้น บริเวณนี้จึงได้รับความสนใจจากนักวิชาการหลากหลายสาขา ในการศึกษาด้านภาษา (Smalley, 1988; Smalley, 1994) ประวัติศาสตร์ และ วัฒนธรรม (Wyatt, 1984; Khanittanan, 2001) โบราณคดี (Welch, 1998; Talbot and Janthod, 2002) และการเมือง (Wyatt, 1969; McCargo and Hongladarom, 2001) อย่างไรก็ตามการศึกษาทางด้านพันธุศาสตร์ประชากรเพื่อตอบคำถามทางมานุษยวิทยาและโบราณคดีในพื้นที่ภาคอีสานตอนใต้ยังมีจำนวนน้อย

ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างประชากรที่ใช้เครื่องมือในการศึกษา เช่น ภาษา และ วัฒนธรรม อาจได้ผลการศึกษาที่คลาดเคลื่อน เพราะทั้งภาษาและวัฒนธรรมอาจเปลี่ยนแปลงไปตาม บริบทของประชากร เช่น เมื่อมีการอพยพเคลื่อนย้ายของกลุ่มประชากร อาจทำให้เกิดการรับเอา วัฒนธรรมจากกลุ่มชาติพันธุ์อื่นเข้ามา ส่งผลให้บรรพบุรุษทางชาติพันธุ์ (ethnic ancestor) เปลี่ยนไป โดยประชากรที่มีภาษาและวัฒนธรรมเหมือนกัน หรือมีบรรพบุรุษทางชาติพันธุ์ร่วมกัน อาจมีบรรพ บุรุษทางเชื้อสาย (biological ancestor) ต่างกัน ดังนั้นในศตวรรษที่ผ่านมาได้มีการใช้เครื่องมืออีก ชนิดหนึ่ง คือ ดีเอ็นเอ เพื่อศึกษาโครงสร้างประชากร และความสัมพันธ์ระหว่างประชากร โดยดีเอ็นเอ ที่นิยมใช้ศึกษาคือ ดีเอ็นเอไมโทคอนเดรีย (mitochondrial DNA) (Cavalli-Sforza and Feldman, 2003; Malyarchuk *et al.*, 2008) เนื่องจากมีคุณสมบัติที่เหมาะสมหลายประการ เช่น ถ่ายทอดผ่าน ทางมารดาสู่ลูก (maternal inheritance) มีจำนวนมาก (high copy number) เมื่อเทียบกับดีเอ็นเอใน นิวเคลียส ไม่มีรีคอมบิเนชัน (recombination) และ มีอัตราการกลายพันธุ์ที่สูงกว่าดีเอ็นเอนิวเคลียส (high mutation rate) เป็นต้น (Pakendorf and Stoneking, 2005)

ดีเอ็นเอไมโทคอนเดรียมีโครงสร้างเป็นวงแหวนเกลียวคู่ ประกอบด้วยสายพอลินิวคลีโอไทด์ 2 สาย โดยเรียกสายที่มีลำดับเบสพิวรีนมากกว่าว่า heavy strand (H-strand) ส่วนสายที่มีลำดับเบส เป็นไพริมิดีนมากกว่าเรียกว่า light strand (L-strand) ดีเอ็นเอไมโทคอนเดรียมียืนอยู่ทั้งหมด 37 ยืน อยู่บนสาย H-strand จำนวน 28 ยืน และอยู่บน L-strand จำนวน 9 ยืน นอกจากนี้ยังมีบริเวณ control region หรือ D-loop (displacement loop) ซึ่งเป็นบริเวณที่มีความผันแปรของลำดับเบสสูง (hypervariable region, HVR) เนื่องจากเป็นบริเวณที่ไม่ใช่ยืน ดังนั้นเมื่อเกิดการกลายพันธุ์จึงไม่ ส่งผลต่อการดำรงชีวิต และสามารถสะสมการกลายพันธุ์ได้ บริเวณ HVR นี้แบ่งเป็น 2 ส่วนคือ HVR-I และ HVR-II ตรงตำแหน่งของลำดับเบสที่ 16024-16383 และ 57-372 ตามลำดับ (Greenberg *et al.*, 1983) ซึ่งในการศึกษาพันธุศาสตร์ประชากรจะใช้บริเวณ HVR-I เป็นหลักเนื่องจากมีความผัน แปรสูง จึงสามารถใช้แยกแยะความแตกต่างและความใกล้ชิดของประชากรได้

การศึกษาพันธุศาสตร์ประชากรในภาคอีสาน เริ่มต้นในปี ค.ศ. 2001 โดย Fucharoen และ คณะ ทำการศึกษาความผันแปรของดีเอ็นเอไมโทคอนเดรียบริเวณ HVR-I จาก 6 กลุ่มชาติพันธุ์ใน ประเทศไทยได้แก่ ลีซอ มูเซอร์ ผู้ไท ลาวซ่ง จ้วง ชาวกูย และนำลำดับเบสของทั้ง 6 ชาติพันธุ์มาทำ การวิเคราะห์เปรียบเทียบกับชาวไทยจากภาคเหนือและภาคอีสานพบว่าประชากรที่ศึกษาเช่น ชาว ไทยจากภาคเหนือและภาคอีสานมีระยะห่างทางพันธุกรรมระหว่างกันสูง แสดงถึงการมีโครงสร้างทาง พันธุกรรมที่แตกต่างกัน ต่อมา Lertrit *et al.* (2008) ศึกษาดีเอ็นเอไมโทคอนเดรีย บริเวณ HVR-I จากตัวอย่างโครงกระดูกโบราณ อายุประมาณ 3,000 ปี ที่ถูกขุดค้นพบในแหล่งโบราณคดีที่จังหวัด นครราชสีมา และเปรียบเทียบกับดีเอ็นเอไมโทคอนเดรียของประชากรปัจจุบัน คือชาวเขมร และชาว บน ผลการศึกษาพบว่าโครงกระดูกทั้งสองน่าจะเป็นประชากรดั้งเดิมที่พูดภาษากลุ่มย่อยมอญ-เขมร ที่อาศัยอยู่ในบริเวณพื้นที่ดังกล่าวมากกว่า 3,000 ปีแล้ว (Lertrit *et al.*, 2008) ในปี ค.ศ. 2013 พิชชา ภา บุญโสดา และคณะ ศึกษาความผันแปรของดีเอ็นเอไมโทคอนเดรียในประชากรชาวเขมรใน

จังหวัดสุรินทร์ เปรียบเทียบกับประชากรอื่นในประเทศไทย ผลระยะห่างทางพันธุกรรมระบุว่าชาวเขมรมีความสัมพันธ์ทางเชื้อสายใกล้ชิดกับชาวถิ่นกลุ่มย่อยปริมาณมากที่สุด นอกจากนี้ยังพบว่าชาวเขมร ชาวถิ่นปรีชา ชาวขมุ และชาวพล่าง มีภาษาพูดที่ถูกจัดอยู่ในกลุ่มตระกูลภาษามอญ-เขมร แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างภาษาพูดและพันธุกรรม จนถึงปัจจุบันการศึกษาความผันแปรของดีเอ็นเอไมโทคอนเดรียในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีจำกัด โดยมีรายงานเพียง 5 ประชากรเท่านั้น คือ ผู้ไท ชาวบน ไทยขอนแก่น ไทยโคราช และชาวเขมร (Fucharoen *et al.*, 2001; Letrit *et al.*, 2008; Boonsoda *et al.*, 2013) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงต้องการศึกษาความผันแปรของดีเอ็นเอไมโทคอนเดรียบริเวณ HVR-I ของประชากรชาวไทยอีสาน ที่อาศัยอยู่ในบริเวณภาคอีสานตอนใต้ ซึ่งเป็นบริเวณที่เคยมีหลักฐานการผสมผสานของวัฒนธรรม และกลุ่มชาติพันธุ์

การผสมผสานระหว่างชาติพันธุ์เป็นคุณสมบัติสำคัญประการหนึ่งของประชากรมนุษย์ ที่ก่อให้เกิดความหลากหลายทางสังคม วัฒนธรรม รวมทั้งพันธุกรรม การศึกษากระบวนการและปัจจัยที่ก่อให้เกิดการผสมผสานระหว่างชาติพันธุ์ในประเทศไทย ย่อมนำไปสู่ความเข้าใจต่อทิศทางการพัฒนาทางสังคม วัฒนธรรม และการยอมรับในคุณค่าที่เท่าเทียมกันของกลุ่มชาติพันธุ์ต่างๆ ในประเทศไทยข้อมูลด้านการผสมผสานทางพันธุกรรมถูกรายงานครั้งแรกในภาคเหนือ โดยประชากรคนเมืองหรือคนในภาคเหนือปัจจุบันได้รับการผสมผสานทางพันธุกรรมจากประชากรพ่อแม่ที่พูดภาษาตระกูลไทมากกว่าที่พูดภาษาตระกูลมอญ-เขมร โดยรูปแบบสัดส่วนการผสมผสานทางพันธุกรรมในคนเมืองมีความแตกต่างกัน แม้ว่าจะอยู่ในพื้นที่ทางภูมิศาสตร์เดียวกันก็ตาม นอกจากนี้รูปแบบการผสมผสานดังกล่าวไม่สอดคล้องกันระหว่างฝ่ายชายและฝ่ายหญิง โดยในประชากรฝ่ายชายได้รับพันธุกรรมจากประชากรพ่อแม่ที่พูดภาษาตระกูลมอญ-เขมรมากกว่าประชากรพ่อแม่ที่พูดภาษาตระกูลไท ในขณะที่ประชากรฝ่ายหญิงได้รับพันธุกรรมจากประชากรพ่อแม่ที่พูดภาษาตระกูลไทมากกว่า (Kutanan *et al.*, 2011) อย่างไรก็ตามแม้ว่าปัจจุบันนักวิชาการส่วนใหญ่จะยอมรับว่ารากฐานของสังคมไทยเกิดขึ้นจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มชนและมีได้มีรากเหง้าจุดกำเนิดเพียงหนึ่งเดียว แต่องค์ความรู้เกี่ยวกับการผสมผสานระหว่างชาติพันธุ์ โดยเฉพาะทางพันธุกรรมกลับไม่มีการรายงานในภาคอีสานของประเทศไทย

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อจะศึกษา 1) การผสมผสานทางพันธุกรรม (genetic admixture) 2) โครงสร้างทางพันธุกรรม (genetic structure) ของประชากรชาวไทยอีสาน ที่อาศัยอยู่ในบริเวณภาคอีสานตอนใต้ จากจังหวัดบุรีรัมย์ ชัยภูมิ และอุบลราชธานี และ 3) ความสัมพันธ์ทางเชื้อสาย (genetic relationship) ระหว่างประชากรไทยอีสานและประชากรอื่นในภาคอีสานและประเทศเพื่อนบ้าน ที่เคยมีรายงานมาก่อนหน้านี้ คือ ภูไท ไทยขอนแก่น ไทยโคราช เขมร ชาวบนญวน (Kinh) จาม (Cham) และ ลาว (Laos) โดยอาศัยความผันแปรของดีเอ็นเอไมโทคอนเดรียบริเวณ HVR-I ซึ่งเป็นเครื่องหมายทางพันธุกรรมที่นิยมใช้ในงานด้านพันธุศาสตร์ประชากร และนิติพันธุศาสตร์ ข้อมูลที่ได้จากงานวิจัยโครงการนี้นอกจากจะมีประโยชน์ทั้งในด้านการพัฒนาความรู้พื้นฐานทางพันธุศาสตร์ประชากรที่นำไปประยุกต์ใช้ทางด้านมานุษยวิทยา (Anthropological

genetics) ข้อมูลความผันแปรของดีเอ็นเอไมโทคอนเดรียที่ได้ยังสามารถใช้เป็นฐานข้อมูลสารพันธุกรรมของประชากรในภาคอีสานตอนใต้ ซึ่งเป็นประชากรลูกผสมซึ่งยังไม่มีเคยมีรายงานก่อนหน้านี้ เพื่อที่จะสามารถใช้ประโยชน์ในงานด้านนิติวิทยาศาสตร์ต่อไป

1. กลุ่มตัวอย่าง

การวิจัยครั้งนี้ได้รับการอนุมัติจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ศึกษา คือ กลุ่มประชากรชาวไทยอีสาน จำนวน 3 ประชากร คือ

1. ชาวไทยอีสาน จากอำเภอพุทไธสง จังหวัดบุรีรัมย์ (Isan-Bu) จำนวน 51 คน
2. ชาวไทยอีสาน จากอำเภอโพธิ์ไทร จังหวัดอุบลราชธานี (Isan-Ub) จำนวน 45 คน
3. ชาวไทยอีสาน จากอำเภอเมือง จังหวัดชัยภูมิ (Isan-Ch) จำนวน 38 คน

ก่อนทำการเก็บตัวอย่างจะมีการสัมภาษณ์ประวัติครอบครัว เพื่อคัดกรองอาสาสมัครที่ไม่มี ความเกี่ยวข้องกับทางสายเลือด อย่างน้อย 2 ชั่วรุ่น จากนั้นทำการเก็บตัวอย่างทำโดยใช้แปรงเก็บ เยื่อช่องปาก (buccal collection brush) (Qiagen, USA) ถูที่เนื้อเยื่อบริเวณกระพุ้งแก้มประมาณ 40 ครั้ง

ข้อมูลของดีเอ็นเอไมโทคอนเดรียของประชากรที่จะนำมาเปรียบเทียบความสัมพันธ์ทางเชื้อสายและการผสมผสานทางพันธุกรรม จำนวน 10 ประชากร ซึ่งมาจากงานวิจัยก่อนหน้านี้ (Fuchareon *et al.* 2001; Black *et al.*, 2006; Lertrit *et al.*, 2008; Peng *et al.*, 2010; Bodner *et al.*, 2011; Boonsoda *et al.*, 2013) ประกอบด้วย เขมร จำนวน 3 ประชากร (Khmer1 Khmer2 และ Khmer 3) ชาวบน (Chaobon) ภูไท (Phutai) ไทยขอนแก่น (Isan-Kk) ไทยโคราช (Isan-Kr) ญวน (Kinh) จาม (Cham) และ ลาว (Laos) (ภาพที่ 1 และ ตารางที่ 1)

2. การสกัดดีเอ็นเอและตรวจสอบคุณภาพและปริมาณของดีเอ็นเอ

นำตัวอย่างเยื่อช่องปากที่ได้มาสกัดดีเอ็นเอด้วยชุดสกัดดีเอ็นเอสำเร็จรูป Gentra Puregene Buccal Cell Kit ดังนี้

2.1 นำตัวอย่างเซลล์เยื่อช่องปากซึ่งติดมากับแปรงเก็บตัวอย่าง ใส่ลงในหลอดทดลองขนาด 1.5 มิลลิลิตร จากนั้นเติมสารละลาย (cell lysis solution) เพื่อให้เซลล์แตก ปริมาตร 300 ไมโครลิตร

2.2 เติมเอนไซม์ proteinase K ปริมาตร 2 ไมโครลิตร เพื่อย่อยโปรตีน

2.3 บ่มที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส (ข้ามคืน)

2.4 นำแปรงเก็บตัวอย่างออกจากหลอดทดลอง เติมเอนไซม์ RNase ปริมาตร 2 ไมโครลิตรเพื่อย่อยอาร์เอ็นเอ

2.5 บ่มหลอดทดลองที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส 15 นาที พลิกหลอดกลับไปกลับมา 25 ครั้ง

2.6 เติมสารเพื่อตกตะกอนโปรตีน (protein precipitation) ปริมาตร 100 ไมโครลิตร

2.7 เขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่อง vortex 20 ครั้ง

2.8 บ่มหลอดทดลองในน้ำแข็ง 5 นาที

2.9 ปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็ว 15,000 รอบ / นาที 5 นาที ในขั้นตอนนี้ตะกอนที่ได้ (pellet) จะเป็นโปรตีนและเศษเซลล์

2.10 เทส่วนใสด้านบน (supernatant) ใส่หลอดทดลองใหม่ จากนั้นเติม isopropanol พลิกหลอดกลับไปกลับมา 50 ครั้ง

2.11 ปั่นเหวี่ยง ด้วยความเร็ว 15,000 รอบ/นาที 5 นาที

2.12 เทส่วนใสด้านบนทิ้ง จากนั้นเติม 70% ethanol ปริมาตร 300 ไมโครลิตร พลิกหลอดกลับไปกลับมา 20 ครั้ง

2.13 ปั่นเหวี่ยง ด้วยความเร็ว 15,000 รอบ/นาที 5 นาที และทิ้งไว้ให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง ในขั้นตอนนี้ตะกอนที่ได้ (pellet) จะเป็นดีเอ็นเอ

2.14 เติมสารละลายดีเอ็นเอ (DNA hydration) ปริมาตร 100 ไมโครลิตร และเก็บสารละลายดีเอ็นเอที่อุณหภูมิ -20 °C

2.15 ตรวจสอบคุณภาพและปริมาณดีเอ็นเอที่สกัดได้โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงอัลตราไวโอเลต ที่ความยาวคลื่น 260 นาโนเมตร และ 280 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์และวัดการเรืองแสงของดีเอ็นเอที่จับตัวกับเอธิเดียมโบรมाइด์หลังจากแยกขนาดดีเอ็นเอโดยวิธีอิเล็กโตรโฟรีซิส โดยใช้รุ่นอะกาโรสความเข้มข้น ร้อยละ 1

3. การเพิ่มขยายชิ้นส่วนของดีเอ็นเอไมโทคอนเดรียด้วยปฏิกิริยาลูกโซ่พอลิเมอเรส (พีซีอาร์)

เพิ่มปริมาณดีเอ็นเอ ไมโทคอนเดรียบริเวณ D-loop ด้วยปฏิกิริยาลูกโซ่พอลิเมอเรส โดยใช้เอนไซม์ *Pfu* DNA polymerase (Enzynomics, Daejeon, Korea) โดยใช้ไพรเมอร์ 1 คู่ (Schurr *et al.*, 1999) จำเพาะกับบริเวณ D-loop ซึ่งมีลำดับเบสดังนี้

ไพรเมอร์ LHmt: 430 CTG TTA AAA GTG CAT ACC GCC 410

ไพรเมอร์ LLmtA: 15704 CAT AGC CAA TCA CTT TAT TG 15723

โดยมีสารในปฏิกิริยาดังนี้

	ปริมาตร (ไมโครลิตร)
10 X nPfu-Forte PCR buffer (รวม $MgCl_2$)	5.00
200 ไมโครโมล dNTP	5.00
5 ไมโครโมล ไพรเมอร์ LHmt	2.50
5 ไมโครโมล ไพรเมอร์ LLmtA	2.50
2.5 U/ μ l <i>Pfu</i> polymerase	0.50
50 นาโนกรัม/ไมโครลิตร ดีเอ็นเอ	0.50
น้ำกลั่นปราศจากเชื้อ	34.00
รวม	<u>50.00</u>

ทำปฏิกิริยาอุณหภูมิสูงในเครื่องควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติ (Thermal cycler) โดยใช้ อุณหภูมิต่างๆ ดังนี้

ช่วงที่ 1 (1 รอบ)	95 องศาเซลเซียส (เพื่อกระตุ้นเอนไซม์ <i>Pfu</i> DNA polymerase)	2 นาที
ช่วงที่ 2 (35 รอบ)	95 องศาเซลเซียส 56 องศาเซลเซียส 72 องศาเซลเซียส	30 วินาที (denaturation) 1 นาที (annealing) 1 นาที (extension)
ช่วงที่ 3 (1 รอบ)	72 องศาเซลเซียส (เพื่อให้ปฏิกิริยาเกิดอย่างสมบูรณ์ยิ่งขึ้น)	5 นาที

จากนั้นตรวจสอบผลผลิตพีซีอาร์ ซึ่งมีขนาดประมาณ 1,100 คู่เบส ด้วยวิธีอิเล็กโทรโฟรีซิส โดยใช้วุ้นอะกาโรสความเข้มข้น ร้อยละ 1

4. หาลำดับเบส

ทำการหาลำดับเบสของผลผลิตพีซีอาร์ โดยใช้ไพรเมอร์ที่จำเพาะอีกคู่ ที่มีลำดับเบสดังนี้

ไพรเมอร์ Forward 15897 (5') GTATAAACTAATACACCAGTCTTGT-15921(3')

ไพรเมอร์ Reverse 100 (5') CAGCGTCTCGCAATGCTATCGCGTG-76(3')

การหาลำดับเบสจะทำการหาลำดับเบสของดีเอ็นเอทั้งสองสาย (สาย H และ สาย L) เพื่อเป็นการยืนยันชนิดของเบส โดยส่งผลผลิตพีซีอาร์ไปหาลำดับเบสยังหน่วยบริการ MacroGen กรุงโซล ประเทศเกาหลี โดยใช้ชุดน้ำยาสำเร็จรูป BigDye Terminator Cycle Sequencing Kit v3.1 (Applied Biosystems, USA) และเครื่องหาลำดับเบสอัตโนมัติ รุ่น ABI3730 (Applied Biosystems)

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

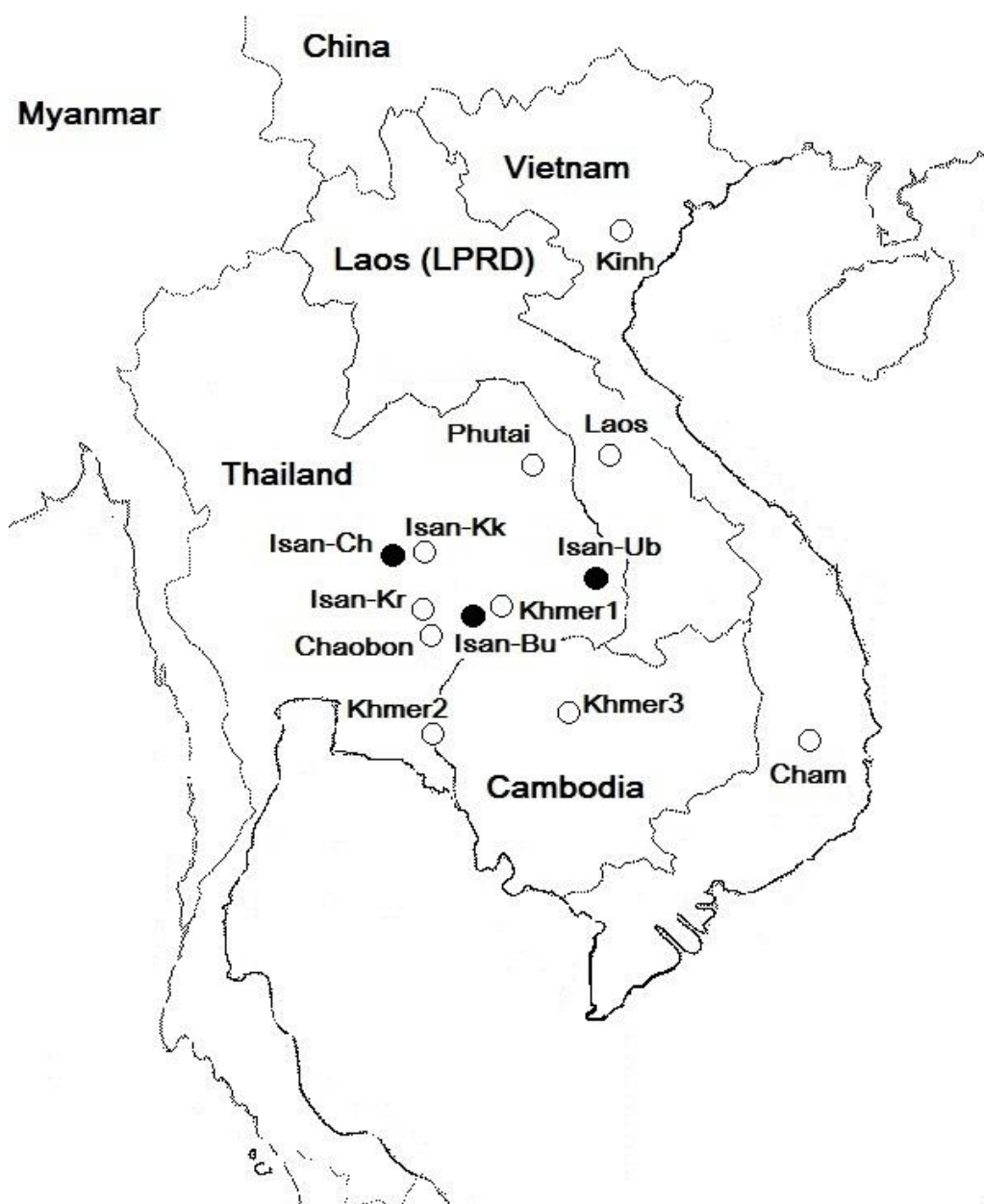
5.1 ทำการ assembly และ alignment ลำดับเบสของดีเอ็นเอไมโทคอนเดรียสาย H และ L ด้วยโปรแกรม Seqscape v.2.7 demo (Applied Biosystem)

5.2 วิเคราะห์ลำดับเบสที่มีความหลากหลาย (polymorphic site) ที่ต่างจากลำดับอ้างอิง (Revised Cambridge reference sequence) วิเคราะห์ความหลากหลายของนิวคลีโอไทด์ (nucleotide diversity, π) ด้วยโปรแกรม DNASP v.5 (Librado and Rozas, 2009)

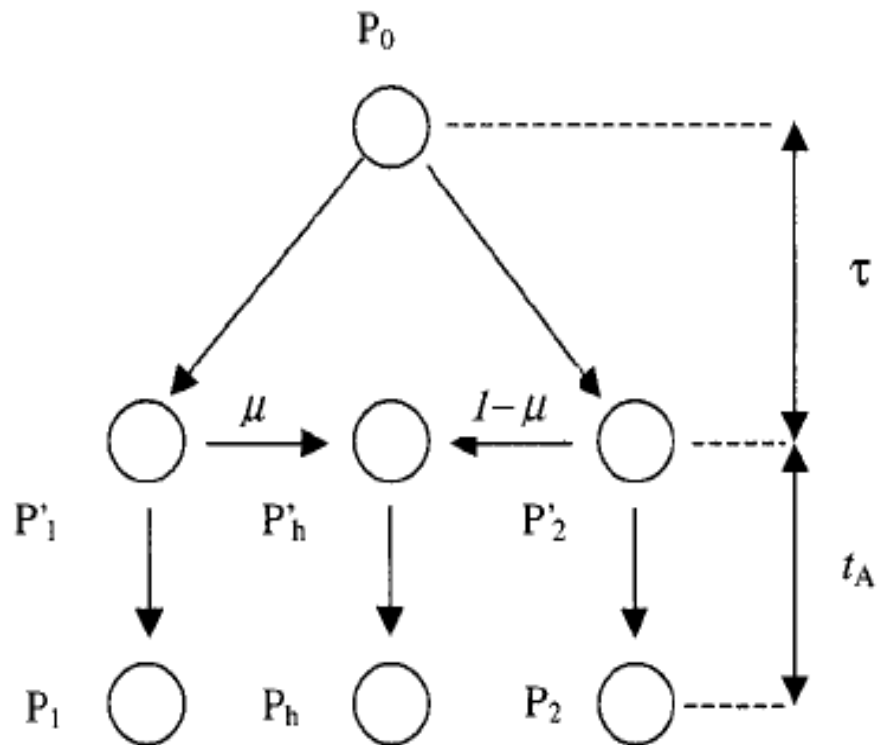
5.3 วิเคราะห์ความหลากหลายของแฮปโลไทป์ (haplotype diversity) ชนิดของแฮปโลไทป์ ค่า mean number of pairwise difference (MPD) ค่าพารามิเตอร์ของการเพิ่มจำนวนประชากร (demographic expansion) เช่น raggedness index value (r) (Harpending, 1994) และ neutrality test คือ Fu's F_s (Fu, 1997) และ Tajima's D (Tajima, 1989) วิเคราะห์ AMOVA (Analysis of Molecular Variance) (Excoffier *et al.*, 1992) ด้วยโปรแกรม ARLEQUIN v.3.5 (Excoffier and Lischer, 2010)

5.4 คำนวณหาระยะห่างระหว่างประชากร (F_{st}) ทั้งหมดคือ 13 ประชากร (ประชากรไทยอีสาน และประชากรที่ใช้เปรียบเทียบ) ด้วยโปรแกรม ARLEQUIN v.3.5 และนำเมตริกซ์ของระยะห่างทางพันธุกรรมมาสร้างเป็นแผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมแบบ Multidimensional Scaling (MDS) ด้วยโปรแกรม STATISTICA v.7 (StateSoft Software Ltd.)

5.5 วิเคราะห์การผสมผสานทางพันธุกรรมด้วยโปรแกรม ADMIX 2.0 (Dupanloup and Bertorelle, 2001) เพื่อหาสัดส่วนการผสมผสานทางพันธุกรรม โดยใช้โมเดลการวิเคราะห์ ตาม Bertorelle and Excoffier (1998) (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 1 ตำแหน่งที่ตั้งตามภูมิศาสตร์ของประชากรชาวไทยอีสานที่ศึกษา (●) และประชากรที่ใช้เปรียบเทียบทั้งที่อยู่ในประเทศไทยและประเทศเพื่อนบ้าน (○)



ภาพที่ 2 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการผสมผสานพันธุกรรม ของ Bertorelle and Excoffier (1998) โดยจะประกอบด้วยประชากรบรรพบุรุษ (ancestral population) P_0 ใช้เวลาเท่ากับ แยกเป็นประชากรพ่อแม่ที่มีโครงสร้างทางพันธุกรรมแตกต่างกัน (parental population P'_1 และ P'_2) เมื่อ ประชากรทั้งสองได้ผสมผสานกัน เกิดเป็นประชากรลูกผสม (admixed population P'_h) ที่ได้รับสัดส่วน ยีนจากประชากรพ่อแม่ทั้งสองเท่ากับ μ และ $1-\mu$ ตามลำดับ จากนั้นทั้งสามประชากรต่างก็มีวิวัฒนาการ แยกกันใช้เวลาเท่ากับ t_A เกิดเป็นประชากรปัจจุบัน P_1 , P_h และ P_2 ในการวิเคราะห์ค่า μ จะคิดอัตรา การกลายพันธุ์ (mutation rate) และ molecular divergence ระหว่างอัลลีล (Bertorelle and Excoffier, 1998; Dupanloup and Bertorelle, 2001).

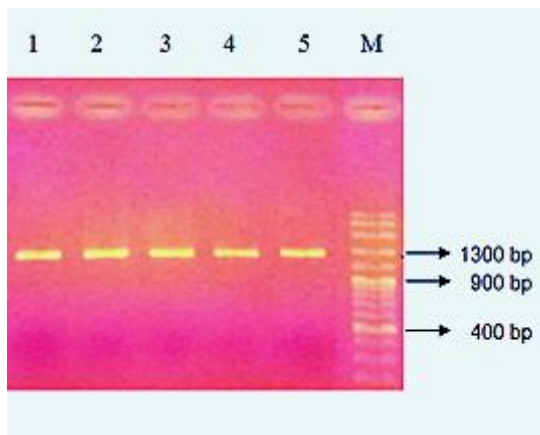
ตารางที่ 1 ข้อมูลทั่วไป และความหลากหลายทางพันธุกรรมของประชากรที่ศึกษาและประชากรที่ใช้เปรียบเทียบ

Population	Sample size	Language ^a Family, Subfamily	Location (Province, Country)	Reference	Haplotype diversity (S.E.)	Nucleotide diversity (S.E.)
Isan-Bu	51	TK, TT	Buriram, Thailand	Present study	0.9718 (0.0109)	0.0232 (0.0122)
Isan-Ub	45	TK, TT	Ubon Ratchathani, Thailand	Present study	0.9323 (0.0283)	0.0225 (0.0119)
Isan-Ch	38	TK, TT	Chaiyabhum, Thailand	Present study	0.9673 (0.0172)	0.0216 (0.0115)
Isan-Kk	44	TK, TT	Khon Kaen, Thailand	Fuchareon et al. (2001)	0.9989 (0.0051)	0.0211 (0.0112)
Isan-Kr	32	TK, TT	Nakorn Ratchasima, Thailand	Lertrit et al. (2008)	1.0000 (0.0078)	0.0210 (0.0112)
Phutai	25	TK, TT	Mukdahan, Thailand	Fuchareon et al. (2001)	0.9767 (0.0193)	0.0227 (0.0122)
Laos	213	TK, TT	LPRD	Bodner et al. (2011)	0.9918 (0.0019)	0.0210 (0.0109)
Chaobon	20	AA, MK	Nakorn Ratchasima, Thailand	Lertrit et al. (2007)	0.9474 (0.0300)	0.0221 (0.0120)
Khmer1	36	AA, MK	Surin, Thailand	Boonsoda et al. (2013)	0.9317 (0.0324)	0.0199 (0.0106)
Khmer2	22	AA, MK	Thailand-Cambodia border	Lertrit et al. (2007)	0.9913 (0.0165)	0.0169 (0.0093)
Khmer3	31	AA, MK	Cambodia	Black et al. (2006)	0.9527 (0.0261)	0.0223 (0.0118)
Kinh	138	AA, MK	Vietnam	Peng et al. (2010)	0.9912 (0.0030)	0.0235 (0.0121)
Cham	167	AS, MP	Vietnam	Peng et al. (2010)	0.9878 (0.0027)	0.0253 (0.0130)
^a language: TK -Tai-Kadai, AA-Austro-asiatic, AS-Austronesian, TT-Tai, MK-Mon-Khmer, MP-Malayo-Polynesian						

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

1. ผลผลิตจากการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอ

จากการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอไมโทคอนเดรียบริเวณ D-loop ได้ขนาดผลผลิตจากการทำปฏิกิริยาลูกโซ่พอลิเมอเรสประมาณ 1,200 คู่เบส เทียบขนาดกับ 100 bp DNA Ladder (Norgen Biotek Corp, Thorold Ontario, Canada) (ภาพที่ 3)



ภาพที่ 3 ผลผลิตจากการทำปฏิกิริยาลูกโซ่พอลิเมอเรส ช่องที่ 1-5 และ คือ ดีเอ็นเอขนาด 1,200 คู่เบส หลังจากการทำปฏิกิริยาลูกโซ่พอลิเมอเรสของตัวอย่างประชากรชาวไทยอีสาน ช่อง M คือ 100 bp DNA Ladder

2. ความผันแปรของลำดับเบสและแฮปโลไทป์

เมื่อนำผลผลิตจากการทำปฏิกิริยาลูกโซ่พอลิเมอเรสไปหาลำดับเบส บริเวณ HVR-I ทั้งสาย H และ L และทำการรวมลำดับเบสทั้งสองสายแล้ว จะได้ลำดับเบสที่มีความยาว 336 คู่เบส (ตำแหน่งที่ 16048 - 16383) จากตัวอย่างที่ใช้ศึกษาจำนวน 134 คน ได้แก่ ชาวไทยอีสาน จากจังหวัดบุรีรัมย์ (Isan-Bu) จำนวน 51 คน ชาวไทยอีสาน จากจังหวัดอุบลราชธานี (Isan-Ub) จำนวน 45 คน และชาวไทยอีสาน จากจังหวัดชัยภูมิ (Isan-Ch) จำนวน 38 คน

จากข้อมูลลำดับเบสจำนวน 134 ตัวอย่าง (ภาคผนวก 2) พบแฮปโลไทป์ที่แตกต่างกันทั้งหมด 76 แฮปโลไทป์ (ภาพที่ 4) โดยเป็นแฮปโลไทป์ที่พบเพียงตัวอย่างเดียว (single unique) จำนวน 53 แฮปโลไทป์ และพบแฮปโลไทป์ที่พบมากกว่า 1 ตัวอย่าง แต่พบเพียงประชากรเดียว (multiple unique) จำนวน 15 ตัวอย่าง ส่วนที่เหลืออีก 8 แฮปโลไทป์ จะเป็นแฮปโลไทป์ที่พบมากกว่า 1 ประชากร (shared haplotypes) ซึ่งภายในจำนวน 8 แฮปโลไทป์นี้ จะพบเพียงแฮปโลไทป์เดียวที่มีร่วมกันระหว่างประชากรชาวไทยอีสาน จากทั้ง 3 จังหวัด คือ 16129-16192-16223-16297 จากจำนวนแฮปโลไทป์ทั้งหมด 76

แฮปโลไทป์ แต่พบแฮปโลไทป์ที่มีร่วมกันระหว่างประชากรเพียง 1 แฮปโลไทป์ แสดงถึงการมีโครงสร้างทางพันธุกรรมที่แตกต่างกัน (genetic differentiation) ระหว่างประชากรชาวไทยอีสาน แฮปโลไทป์ที่พบด้วยค่าความถี่สูงที่สุดคือ 16093-16124-16148-16223 ซึ่งพบเฉพาะในประชากรชาวไทยอีสาน อุบลราชธานี (Isan-Ub)

จากการคำนวณค่า intrapopulation MPD ของทั้ง 3 ประชากร คือ 7.5657 (Isan-Ub), 7.8086 (Isan-Bu), and 7.2660 (Isan-Ch) ซึ่งแสดงถึงการมีความผันแปรทางพันธุกรรม (genetic heterogeneity) ภายในแต่ละประชากรชาวไทยอีสาน จากนั้นเมื่อพิจารณาค่า interpopulation MPD ซึ่งอยู่ในช่วงระหว่าง 7.6749 ถึง 7.9394 ช่วงดังกล่าวมีค่าสูง เมื่อเปรียบเทียบกับผลการรายงานจากงานวิจัยก่อนหน้านี้ (Bodner et al., 2011) ซึ่งแสดงถึงการมีโครงสร้างทางพันธุกรรมที่แตกต่างกันระหว่างประชากร

เมื่อวิเคราะห์โครงสร้างและความแตกต่างทางพันธุกรรมด้วยวิธี Analysis of Molecular Variance (AMOVA) (ตารางที่ 2) พบว่าความผันแปรทางพันธุกรรมส่วนใหญ่เกิดขึ้นจากความผันแปรทางพันธุกรรมภายในประชากร (within populations, F_{sc}) มีค่าเท่ากับ ร้อยละ 96.83 และความผันแปรระหว่างประชากร (among populations, F_{st}) มีค่าเท่ากับ ร้อยละ 3.17 และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($F_{st} = 0.0316$; $P < 0.0001$) แสดงถึงการมีความแตกต่างทางพันธุกรรมระหว่างประชากรชาวไทยอีสาน ทั้ง 3 กลุ่ม

เมื่อคำนวณระยะห่างทางพันธุกรรม (genetic distances) แบบ Pairwise difference (F_{st}) ระหว่างประชากรชาวไทยอีสาน พบว่า มีค่าเท่ากับ 0.0317 (Isan-Bu และ Isan-Ub) 0.0298 (Isan-Bu และ Isan-Ch), และ 0.0336 (Isan-Ub และ Isan-Ch) โดยค่าดังกล่าวมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แสดงถึงการมีความแตกต่างทางพันธุกรรมระหว่างประชากร

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ AMOVA

ระดับความผันแปร	d.f.	Sum of Square	Variance component	ร้อยละความผันแปร
ระหว่างประชากร	12	141.305	0.12755 Va	3.16
ภายในประชากร	849	3318.869	3.90915 Vb	96.84
รวม	861	3460.174	4.03670	
Fixation Index F_{ST} : 0.03160 Significance tests (1023 permutations) Va and F_{ST} : P (rand. value > obs. value) = 0.00000 P (rand. value = obs. value) = 0.00000 P -value = 0.00000+-0.00000				

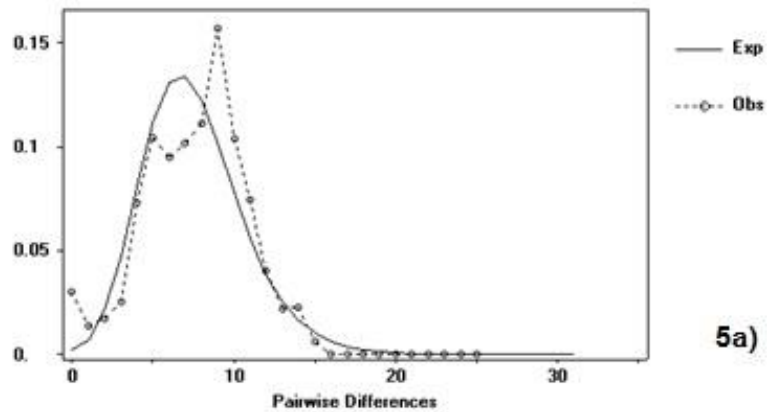
3. โครงสร้างทางพันธุกรรม

การกระจายของจำนวนเบสที่แตกต่างกัน (Mismatch distribution) เป็นการวิเคราะห์หาการเพิ่มจำนวนของประชากรอย่างรวดเร็ว ในอดีต (rapid population expansion) โดยแสดงจากกราฟการกระจายของจำนวนเบสที่แตกต่างกันระหว่างแฮปโลไทป์แต่ละคู่ในประชากรนั้น ถ้ากราฟจะเป็นรูปประฆังคว่ำ มีจุดสูงสุดเพียงจุดเดียว (unimodal, smooth bell shape) และการมีค่า raggedness index น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.03 รวมทั้งการมีค่า neutrality ติดลบ จะหมายถึงการมีจำนวนประชากรเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในประชากรนั้น แต่ถ้าลักษณะของกราฟมีการกระจายตัวแบบไม่สม่ำเสมอ (multimodal, ragged) มีจุดสูงสุดมากกว่า 1 จุด มีค่า raggedness index มากกว่า 0.03 และค่า neutrality เป็นบวก จะบ่งบอกถึงการมีจำนวนประชากรที่คงที่มาเป็นระยะเวลายาวนาน

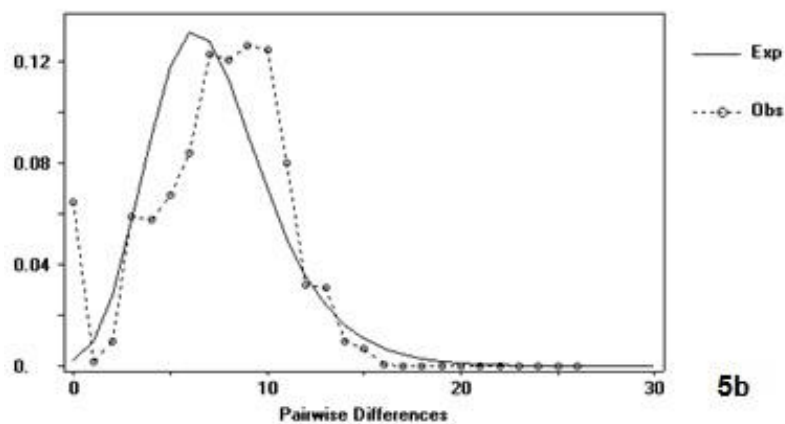
ภาพที่ 5 แสดงกราฟการกระจายของจำนวนเบสที่แตกต่างกัน ซึ่งเป็นกราฟจะเป็นรูปประฆังคว่ำ มีจุดสูงสุดเพียงจุดเดียว ของประชากรชาว Isan-Bu (ภาพที่ 5a) Isan-Ub (ภาพที่ 5b) และ Isan-Ch (ภาพที่ 5c) และค่า raggedness index ของประชากรทั้ง 3 มีค่าน้อยกว่า 0.03

Neutrality test เป็นการวิเคราะห์การคงที่และเพิ่มขยายของขนาดประชากร โดยมีการตั้งสมมุติฐาน (null hypothesis) ที่ว่าประชากรมีขนาดคงที่ (constant effective population size) ผลจากการวิเคราะห์ neutrality test ด้วยค่า Fu's F_s และ Tajima' D พบว่าค่า Fu's F_s ในประชากร Isan-Bu Isan-Ub และ Isan-Ch มีค่าเท่ากับ -14.22887 ($P = 0.0000$) -9.64724 ($P = 0.0080$) และ -11.4357 ($P = 0.0000$) ตามลำดับ ผลของค่า Tajima' D คือ Isan-Bu = -1.48827 ($P = 0.057$) Isan-Ub = -1.33313 ($P = 0.093$) และ Isan-Ch = -0.69434 ($P = 0.256$) จากการคำนวณ neutrality test พบว่าปฏิเสธ null hypothesis แม้ว่าค่า Tajima' D จะไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (ดูอักษรย่อของประชากรในตารางที่ 1)

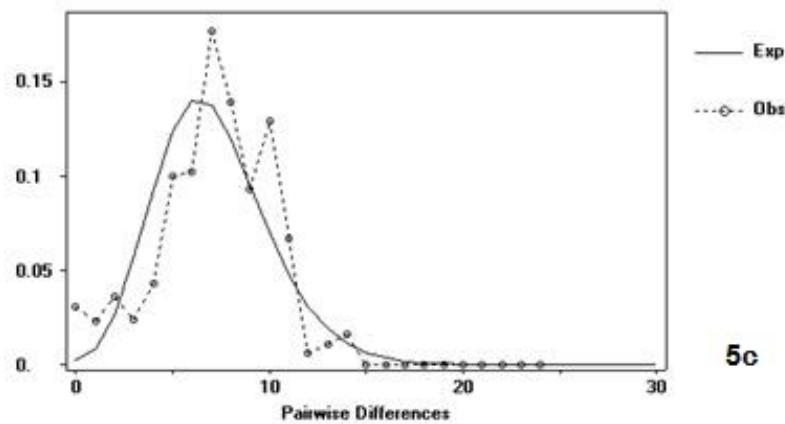
ผลจากการคำนวณ neutrality test และ mismatch distribution พบว่าประชากรชาวไทยอีสานที่ศึกษา มีการเพิ่มขยายขนาดของประชากรในอดีต (Rogers and Harpending, 1992)



5a)



5b



5c

ภาพที่ 5 กราฟการกระจายของจำนวนเบสที่แตกต่างกันในแต่ละประชากรไทยอีสานที่ศึกษา Isan-Bu (5a) Isan-Ub (5b) และ Isan-Ch (5c)

4. ความสัมพันธ์ระหว่างประชากร

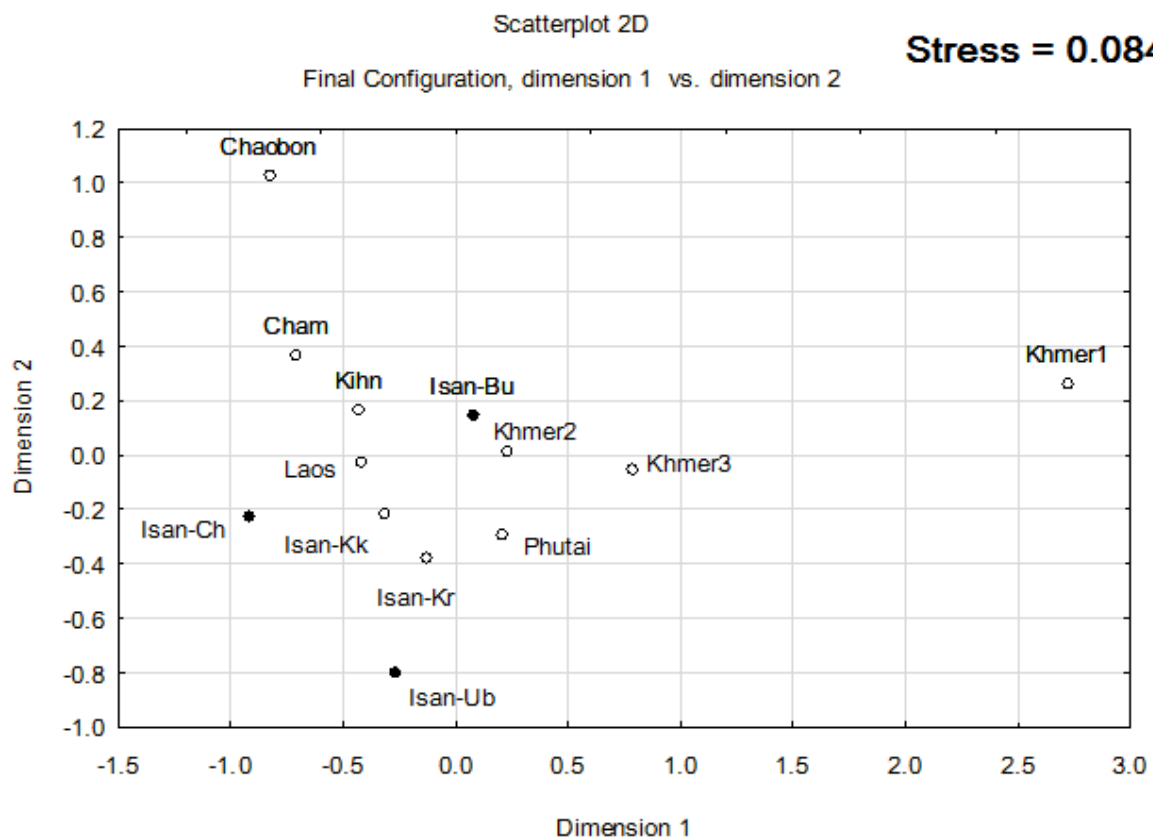
เมื่อเปรียบเทียบค่าความหลากหลายของแฮปโลไทป์และความหลากหลายของนิวคลีโอไทด์ของประชากรชาวไทยอีสานที่ศึกษาและประชากรที่ใช้เปรียบเทียบทั้งหมด (ตารางที่ 1) พบว่า ค่าความหลากหลายของแฮปโลไทป์มีค่าสูงสุด เท่ากับ 1.0000 ซึ่งพบในประชากร Isan-Kr และต่ำสุด เท่ากับ 0.9317 ซึ่งพบในประชากร Khmer1 ซึ่งแสดงถึงการมีความหลากหลายทางพันธุกรรมที่ค่อนข้างต่ำของประชากรชาวเขมร จากจังหวัดสุรินทร์ (ดูตารางที่ 1) ค่าความหลากหลายของแฮปโลไทป์ในประชากรชาวไทยอีสานที่ศึกษามีค่าค่อนข้างสูง (h = from 0.9323 to 0.9718) และค่าความหลากหลายของนิวคลีโอไทด์ในประชากรชาวไทยอีสานที่ศึกษามีค่าอยู่ระหว่าง 0.0216 ถึง 0.0232 ซึ่งอยู่ในช่วงเดียวกับประชากรที่ใช้เปรียบเทียบ (ตารางที่ 1)

เมื่อพิจารณาค่า interpopulation MPD (ตารางที่ 3) ซึ่งจะช่วยแสดงความแตกต่างทางพันธุกรรมระหว่างประชากรได้ชัดเจน พบว่า ค่า interpopulation MPD มีช่วงระหว่าง 6.7128 ถึง 9.3 ค่าน้อยที่สุดจะเป็นค่าเปรียบเทียบของกลุ่มประชากร Isan-Kk และ Khmer2 ส่วนค่ามากที่สุดจะเป็นค่าเปรียบเทียบของกลุ่มประชากร Khmer1 และ Chaobon ในขณะที่ค่า corrected MPD มีค่าน้อยที่สุด คือ 0 ซึ่งเป็นค่าระหว่างกลุ่มประชากร Laos และ Kinh ในขณะที่ค่ามากที่สุด (1.9401) เป็นค่าระหว่างกลุ่มของ Khmer1 และ Chaobon จากค่า MPD และ corrected MPD แสดงถึงการมีพันธุกรรมที่ไม่แตกต่างกันระหว่างประชากรชาว Laos จากประเทศลาว และ Kinh จากประเทศเวียดนาม นอกจากนั้น ตารางที่ 3 ยังระบุว่า นอกจากค่า MPD ระหว่าง Khmer1 และ Chaobon จะมีค่าสูงสุดแล้ว ประชากร Khmer1 และ Chaobon ยังมีค่า MPD สูงมาก เมื่อเทียบกับประชากรอื่นที่เหลืออีก 11 ประชากร แสดงถึงการมีความแตกต่างทางพันธุกรรมของ ประชากร Khmer1 และ Chaobon กับประชากรอื่นที่เหลือทั้งหมดอีก 11 ประชากร และยังพบว่า ประชากร Khmer1 และ Chaobon แตกต่างทางพันธุกรรมซึ่งกันและกัน (ดูอักษรย่อของประชากร ในตารางที่ 1)

ตารางที่ 4 แสดงระยะห่างทางพันธุกรรมแบบ pairwise difference (F_{st}) และความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากการเปรียบเทียบประชากรจำนวน 78 คู่ พบว่ามีจำนวน 61 คู่ ที่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ค่า F_{st} ที่มีค่าสูงและมีนัยสำคัญทางสถิติแสดงถึงความแตกต่างทางพันธุกรรมระหว่างกลุ่มของประชากรนั้น ซึ่งพบว่าค่า F_{st} ระหว่างประชากร Khmer1 Chaobon และ Cham กับประชากรอื่นที่เหลือมีค่าสูงและมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ค่า F_{st} ระหว่างประชากร Isan-Kr Khmer2 และ Phutai กับประชากรอื่นที่เหลือมีค่าต่ำและไม่มีความสำคัญทางสถิติ ซึ่งแสดงถึงการเกิดยีนโฟลว์ (gene flow) ในประชากร Isan-Kr Khmer2 และ Phutai เมื่อพิจารณาค่า F_{st} ระหว่างประชากรชาวไทยอีสานที่ศึกษา (Isan-Bu Isan-Ub และ Isan-Ch) กับประชากรอื่น พบว่าส่วนใหญ่มีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงถึงความแตกต่างของโครงสร้างประชากรชาวไทยอีสานกับประชากรอื่นที่ใช้เปรียบเทียบ

เมื่อนำเมตริกซ์ของระยะห่างทางพันธุกรรมมาสร้างเป็นแผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมแบบ multidimensional scaling (MDS) เพื่อหาความสัมพันธ์ทางเชื้อสายระหว่างประชากร

(ภาพที่ 6) พบว่า Isan-Br Isan-Kk และ Isan-Kr ถูกจัดอยู่ในกลุ่มเดียวกับประชากร Laos Kinh Cham และ Khmer2 ซึ่งอยู่ตรงตำแหน่งตรงกลางของแผนภูมิ การที่ประชากรมีตำแหน่งที่ใกล้เคียงกันในแผนภูมิ แสดงถึงการมีความใกล้ชิดกันทางพันธุกรรม ในขณะที่ประชากร Isan-Ub Isan-Ch Cham และ Khmer3 มีตำแหน่งอยู่ห่างจากตำแหน่งตรงกลางของแผนภูมิ แสดงถึงความแตกต่างทางพันธุกรรมของประชากร ทั้ง 4 ประชากร นอกจากนั้นประชากรที่มีความแตกต่างทางพันธุกรรมระหว่างประชากรอื่นมากที่สุดคือ ประชากร Chaobon และ Khmer1 แม้ว่าประชากรทั้งสองจะอาศัยอยู่ในบริเวณเดียวกับประชากรไทยอีสานอื่นๆ แสดงถึงการมีโครงสร้างทางพันธุกรรมที่จำเพาะของประชากร Chaobon และ Khmer1 ผลดังกล่าวสอดคล้องกับผลของ MPD (ตารางที่ 3) (ดูอักษรย่อของประชากร ในตารางที่ 1)



ภาพที่ 6 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมแบบ multidimensional scaling (MDS) ที่สร้างจาก ระยะห่างทางพันธุกรรมแบบ pairwise difference (F_{st}) (● ประชากรไทยอีสานที่ศึกษา ○ ประชากรที่ใช้เปรียบเทียบ)

ตารางที่ 3 ค่า MPD (Mean number of pairwise differences): ขวามบนแสดง Average number of pairwise differences between populations ซ้ายล่างแสดง Corrected average pairwise difference และ diagonal elements แสดง Average number of pairwise differences within population

	Isan_Bu	Isan_Ub	Isan_Ch	Isan_Kk	Isan_Kr	Laos	Phutai	Khmer1	Khmer2	Khmer3	Chaobon	Cham	Kinh
Isan_Bu	7.8086	7.9394	7.7719	7.5370	7.8670	7.7950	7.8133	8.0697	7.0205	8.1132	8.3461	8.5554	8.0922
Isan_Ub	0.2523	7.5657	7.6749	7.4934	7.6646	7.7561	7.7893	8.1735	7.1424	8.2143	8.3544	8.5300	8.1147
Isan_Ch	0.2346	0.2590	7.2660	7.3953	7.5535	7.5040	7.7474	8.2785	7.0574	8.3302	8.0737	8.2825	7.8120
Isan_Kk	0.0841	0.1620	0.2137	7.0973	7.3715	7.4709	7.3636	7.9508	6.7128	7.8226	7.9909	8.2799	7.7999
Isan_Kr	0.1855	0.1045	0.1432	0.0456	7.5544	7.6112	7.6675	8.0642	6.9119	8.0988	8.1313	8.3408	7.9592
Laos	0.1125	0.1951	0.0928	0.1441	0.0558	7.5563	7.7792	8.1256	6.9699	8.1911	8.1117	8.2253	7.8290
Phutai	0.1007	0.1982	0.3060	0.0067	0.0820	0.1927	7.6167	7.8522	6.8582	7.8761	8.3480	8.5957	8.1177
Khmer1	0.7845	1.0097	1.2646	1.0212	0.9061	0.9665	0.6629	6.7619	7.1162	8.0179	9.3000	9.0902	8.4992
Khmer2	0.0729	0.3163	0.3811	0.1209	0.0914	0.1485	0.0066	0.6919	6.0866	7.1422	7.4909	7.7412	7.2717
Khmer3	0.2025	0.4251	0.6908	0.2675	0.3151	0.4065	0.0613	0.6305	0.0925	8.0129	8.6516	8.9753	8.5542
Chaobon	0.4628	0.5927	0.4617	0.4633	0.3751	0.3546	0.5607	1.9401	0.4687	0.6662	7.9579	8.6042	8.3638
Cham	0.2757	0.3718	0.2742	0.3559	0.1882	0.0717	0.4120	1.3338	0.3225	0.5935	0.2499	8.7507	8.4860
Kinh	0.1267	0.2706	0.1178	0.1901	0.1208	-0.0104	0.2482	1.0570	0.1673	0.4866	0.3236	0.0494	8.1224

ตารางที่ 4 ระยะห่างทางพันธุกรรม แบบ pairwise difference (F_{st}) และความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

	Isan_Bu	Isan_Ub	Isan_Ch	Isan_Kk	Isan_Kr	Laos	Phutai	Khmer1	Khmer2	Khmer3	Chaobon	Cham	Kinh
Isan_Bu													
Isan_Ub	0.0317												
Isan_Ch	0.0298	0.0336											
Isan_Kk	0.0110	0.0216	0.0290										
Isan_Kr	0.0233	0.0136	0.0191	0.0065									
Laos	0.0148	0.0252	0.0118	0.0184	0.0073								
Phutai	0.0126	0.0255	0.0400	0.0015	0.0107	0.0250							
Khmer1	0.0956	0.1226	0.1526	0.1281	0.1129	0.1140	0.0859						
Khmer2	0.0069	0.0405	0.0513	0.0159	0.0115	0.0157	0.0003	0.0953					
Khmer3	0.0252	0.0523	0.0836	0.0351	0.0390	0.0514	0.0076	0.0794	0.0109				
Chaobon	0.0559	0.0722	0.0590	0.0607	0.0469	0.0457	0.0675	0.2138	0.0635	0.0769			
Cham	0.0306	0.0409	0.0296	0.0391	0.0198	0.0089	0.0436	0.1350	0.0309	0.0633	0.0261		
Kinh	0.0153	0.0323	0.0136	0.0226	0.0140	-0.0012	0.0289	0.1173	0.0161	0.0565	0.0380	0.0058	
ตัวหนาแสดงถึงความมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$)													

จากผลของแผนภูมิ MDS เป็นที่น่าสนใจว่าประชากรชาวเขมรทั้ง 3 กลุ่ม (Khmer1 Khmer2 และ Khmer3) มีพันธุกรรมที่แตกต่างกัน โดยชาวเขมรจากจังหวัดสุรินทร์ (Khmer1) มีความแตกต่างทางพันธุกรรมมากที่สุด ซึ่งอธิบายได้โดยการมีค่าความหลากหลายของแฮปโลไทป์ที่ค่อนข้างต่ำ และค่า intrapopulation MPD ที่ต่ำ เนื่องจากการสูญเสียความหลากหลายทางพันธุกรรม (Hurles *et al.*, 2002; Davis *et al.* 2011) จากอิทธิพลของเจเนติกดริฟท์ (genetic drift) ส่วนในประชากร Khmer2 ซึ่งมีตำแหน่งบนแผนภูมิ MDS อยู่ระหว่างประชากรชาวเขมรจากประเทศกัมพูชา (Khmer3) และกลุ่มประชากรที่พูดภาษาตระกูลไท-กะได แสดงถึงการผสมทางพันธุกรรมระหว่างชาวเขมรจากประเทศกัมพูชาและกลุ่มประชากรที่พูดภาษาตระกูลไท-กะได ซึ่งสอดคล้องกับ ค่า F_{st} (ตารางที่ 4) และผลการศึกษาครั้งนี้ สอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ของ Lertrit *et al.* (2008) ซึ่งเป็นเจ้าของข้อมูลประชากร Khmer2 จากหลักฐานทางโบราณคดีที่พบปราสาทหินจำนวนมาก ระบุว่าในอาณาบริเวณจังหวัดสุรินทร์ และพื้นที่ใกล้เคียง จังหวัดบุรีรัมย์ จังหวัดศรีสะเกษ และจังหวัดอุบลราชธานี เคยเป็นอาณาจักรของชาวเขมรมาก่อน (Schliesinger, 2000) ซึ่ง Vail (2007) ได้ระบุว่าในบริเวณแห่งนี้มีชาวเขมรอาศัยอยู่จำนวนมากกว่า 1 ล้านคน ดังนั้นจึงน่าจะเกิดยีนโฟลว์กับประชากรชาวไทยอีสาน ซึ่งแสดงให้เห็นจากผลการวิเคราะห์ทางพันธุศาสตร์ครั้งนี้

5. การผสมผสานทางพันธุกรรม

ในการวิเคราะห์การผสมผสานทางพันธุกรรม จะใช้โมเดลการวิเคราะห์ ตาม Bertorelle and Excoffier (1998) ดังภาพที่ 1 โดยประชากรที่ใช้ในการวิเคราะห์จะแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือประชากรลูกผสม (admixed population) และประชากรพ่อแม่ (parental population)

ประชากรลูกผสม คือชาวไทยอีสานที่ศึกษา จำนวน 3 ประชากร (Isan-Bu Isan-Ub และ Isan-Ch) และชาวไทยอีสานที่ใช้เปรียบเทียบกับอีก 2 ประชากร (Isan-Kk และ Isan-Kr)

แม้ว่าจากการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างประชากรจะใช้ประชากรที่ใช้เปรียบเทียบกับจำนวนมาก แต่ตามหลักฐานทางประวัติศาสตร์และโบราณคดี กลุ่มชาติพันธุ์ที่เกี่ยวข้องกับชาวไทยอีสาน มีเพียงชาวเขมร ชาวลาว และชาวน (Schliesinger, 2000; Schliesinger, 2001) ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกชาติพันธุ์ทั้งสามกลุ่มเป็นประชากรพ่อแม่ จึงมีจำนวนประชากรพ่อแม่ในการวิเคราะห์ครั้งนี้ จำนวน 3 กลุ่ม คือ ประชากรชาวเขมร (Khmer1 Khmer2 และ Khmer3) ประชากรชาวน (Chaobon) และประชากรชาวลาว (Laos)

ผลการผสมผสานทางพันธุกรรม (ภาพที่ 7) พบความผันแปรของสัดส่วนการผสมผสานทางพันธุกรรม (genetic heterogeneity) โดยพบว่าชาวไทยอีสานส่วนใหญ่ ยกเว้น Isan-Bu จากจังหวัดบุรีรัมย์ ได้รับสัดส่วนทางพันธุกรรมส่วนใหญ่มาจากประชากรพ่อแม่ชาวลาว (Laos) ร้อยละ 47 ถึง 94

รองลงมาได้รับจากประชากรพ่อแม่ชาวเขมร (Khmer) (ร้อยละ 0 to 31) และน้อยที่สุดจากประชากรพ่อแม่ชาบบน (Chaobon) (ร้อยละ 3 to 13) (ภาพที่ 7)

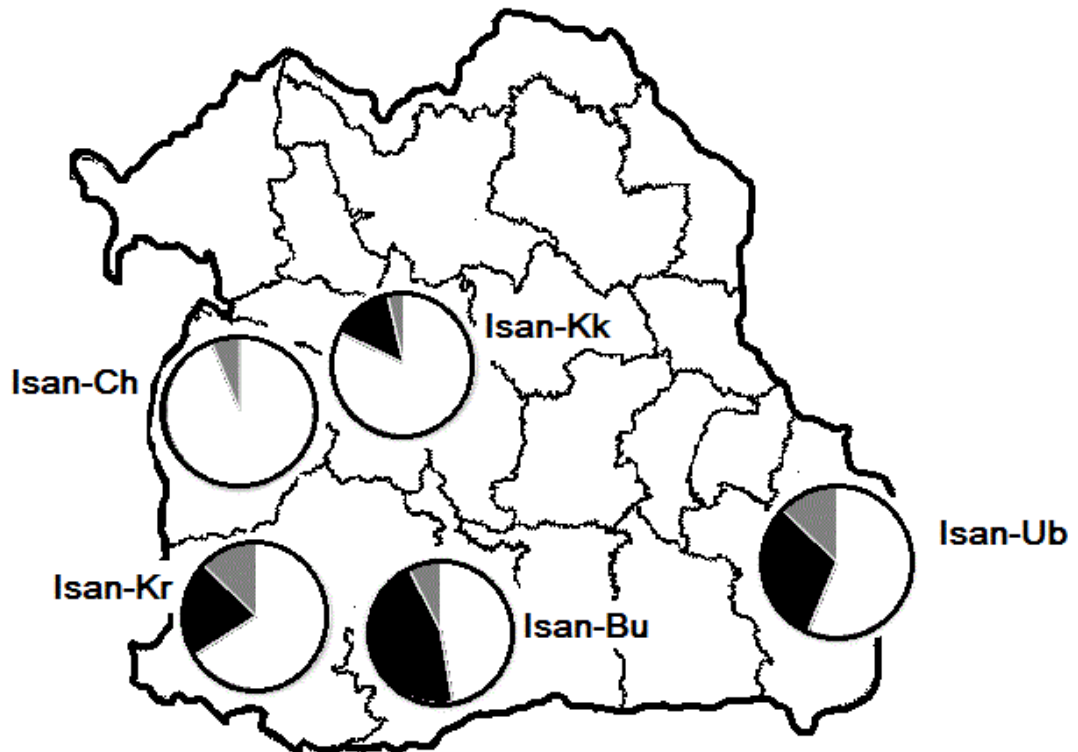
เมื่อพิจารณาสัดส่วนการผสมผสานจากประชากรพ่อแม่ชาวเขมร พบว่าประชากรลูกผสมชาวไทยอีสานที่อยู่ในบริเวณตอนใต้ของภาคอีสานเขตจังหวัดบุรีรัมย์ (Isan-Bu) จังหวัดอุบลราชธานี (Isan-Ub) และ จังหวัดนครราชสีมา (Isan-Kr) ได้รับพันธุกรรมจากประชากรพ่อแม่ชาวเขมรมากกว่าชาวไทยอีสานที่อาศัยอยู่ในบริเวณที่เหนือขึ้นมา ในเขตจังหวัดชัยภูมิ (Isan-Ch) และจังหวัดขอนแก่น (Isan-Kk) (ภาพที่ 7) จากประชากรลูกผสมชาวไทยอีสานทั้งหมด พบว่าชาวไทยอีสานจากจังหวัดบุรีรัมย์ (Isan-Br) ได้รับสัดส่วนทางพันธุกรรมจากชาวเขมรมากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับหลักฐานทางภาษาศาสตร์ ประวัติศาสตร์และโบราณคดี มีสมมุติฐาน 2 ข้อที่อธิบายถึงพันธุกรรมของชาวไทยอีสานจังหวัดบุรีรัมย์ คือ 1. แต่เดิมแล้วประชากร Isan-Bu เป็นชาวลาว ที่อพยพเข้าสู่ภาคอีสานของประเทศไทย และผสมผสานกับประชากรดั้งเดิมชาวเขมร ซึ่งมีจำนวนมาก หรือ 2. แต่เดิมแล้วประชากร Isan-Bu เป็นชาวเขมร แต่หลังจากการอพยพของชาวลาว ชาวเขมรกลุ่มดังกล่าวได้รับเอาภาษาและวัฒนธรรมจากชาวลาว (Vail, 2006) จึงทำให้ชาว Isan-Bu พูดภาษาอีสานซึ่งเป็นภาษาที่ถูกจัดอยู่ในกลุ่มไท-กะได

ประชากรลูกผสมชาวไทยอีสานที่ได้รับสัดส่วนการผสมจากประชากรพ่อแม่ชาบบน (Chaobon) คือ Isan-Kr and Isan-Ub จากการศึกษาของ Lertrit *et al.* (2008) ที่รายงานผลการศึกษาพันธุกรรมของชาบบนและเป็นเจ้าของข้อมูลที่ใช้วิเคราะห์ในครั้งนี้ ได้กล่าวว่าชาบบนจะอาศัยเป็นหมู่บ้านกระจายทั่วไปในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา ชัยภูมิ และเพชรบูรณ์ การที่ประชากรลูกผสมชาวไทยอีสาน จากจังหวัดนครราชสีมา (Isan-Kr) ได้รับสัดส่วนทางพันธุกรรมจากชาบบนอาจจะเกิดจากการมีพื้นที่อยู่อาศัยร่วมกัน แม้ว่าทั้งสองประชากรจะมีภาษาและวัฒนธรรมที่ต่างกัน โดยภาษาพูดของชาบบนเป็นภาษามอญโบราณที่ถูกจัดอยู่ในตระกูลภาษาตระกูลย่อยมอญ-เขมร และมีความแตกต่างกับภาษาของชาวไทยอีสานอย่างมาก (Lewis, 2009) อย่างไรก็ตามชาบบนส่วนใหญ่ได้รับการศึกษาในชั้นต้นและสามารถพูดภาษาไทยซึ่งเป็นภาษาราชการของประเทศไทย ดังนั้นจึงสามารถสื่อสารกับกลุ่มชาติพันธุ์อื่นๆ และอาจก็ให้เกิดการผสมผสานทางพันธุกรรมได้ อย่างไรก็ตามพบสัดส่วนทางพันธุกรรมของชาบบนที่พบในประชากรไทยอีสาน จากจังหวัดอุบลราชธานี (Isan-Ub) ซึ่งเป็นพื้นที่ซึ่งไม่มีชาบบนอาศัยอยู่ ผลการศึกษาดังกล่าวอาจเกิดจากสัดส่วนทางพันธุกรรมที่พบเป็นของกลุ่มประชากรมอญ-เขมรอื่นที่มีความสัมพันธ์ทางเชื้อสายใกล้ชิดกับชาบบนซึ่งอาศัยอยู่ในพื้นที่จังหวัดอุบลราชธานี เช่น ชาบบู หรือชาว ส่วย ซึ่งการวิเคราะห์ครั้งนี้ไม่มีข้อมูลของประชากรดังกล่าว

ดังที่ได้กล่าวมาข้างต้น ในบริเวณจังหวัดชัยภูมิ เป็นพื้นที่ที่มีกลุ่มชาติพันธุ์ทั้งที่พูดภาษาตระกูลย่อยไท-กะได และมอญ-เขมร ซึ่งก็คือชาบบน แต่จากการวิเคราะห์การผสมผสานทางพันธุกรรมพบว่าชาวไทยอีสานจากจังหวัดชัยภูมิ (Isan-Ch) ได้รับสัดส่วนทางพันธุกรรมจากชาบบนน้อยมาก (ร้อยละ 6.2) ซึ่งน่าจะเกิดจากการที่ชาบบนจากจังหวัดนครราชสีมา และจังหวัดชัยภูมิ เป็นประชากรคนละกลุ่มกัน โดยชาบบนที่ใช้เป็นประชากรพ่อแม่ครั้งนี้มาจากจังหวัดนครราชสีมา ดังนั้นในขนาดข้อมูลของชาบบนจาก

จังหวัดชัยภูมิจะช่วยให้การวิเคราะห์พันธุกรรมของชาวไทยอีสานมีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าในพันธุกรรมของชาวไทยอีสาน จังหวัดชัยภูมิ (Isan-Ch) ไม่ได้รับอิทธิพลของชาวเขมร (Khmer) แต่ได้กลับได้รับสัดส่วนทางพันธุกรรมของชาวลาว (Laos) มากที่สุด

อย่างไรก็ตาม ในการศึกษาครั้งนี้ ได้ใช้ข้อมูลดีเอ็นเอไมโทคอนเดรียประชากรชาวลาว จาก Bodner *et al.* (2011) ใช้เป็นประชากรพ่อแม่ในการวิเคราะห์การผสมผสานทางพันธุกรรม ซึ่งข้อมูลดังกล่าวเป็นการเก็บตัวอย่างประชากรชาวลาวจากทั่วประเทศ และไม่มีการสัมภาษณ์และคัดกรองว่าประชากรจะต้องเป็นชาวลาว ที่พูดภาษาลาว ซึ่งถูกจัดอยู่ในกลุ่มภาษาตระกูลย่อยไท-กะได แต่ตัวอย่างจาก Bodner *et al.* (2011) อาจเป็นชาวลาวที่พูดภาษาตระกูลย่อยมอญ-เขมร และชาวลาวที่พูดภาษาตระกูลย่อยม้ง-เมี่ยน ดังนั้นในอนาคตการวิเคราะห์การผสมผสานทางพันธุกรรมจะสมบูรณ์มากขึ้นเมื่อใช้ประชากรชาวลาวที่สืบเชื้อสายมาจากลาวล้านช้างเป็นประชากรพ่อแม่



ภาพที่ 7 แผนภูมิวงกลมแสดงสัดส่วนทางพันธุกรรมในประชากรชาวไทยอีสาน ที่ได้รับมาจากประชากรพ่อแม่ ชาวลาว (Laos) (สีขาว) เขมร (Khmer) (สีดำ) และ ชาวนน (Chaobon) (สีเทา)

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาความผันแปรของดีเอ็นเอไมโทคอนเดรียบริเวณ HVR-I (ตำแหน่ง 16048-16383) ของประชากรชาวไทยอีสาน จากจังหวัดบุรีรัมย์ จังหวัดอุบลราชธานี และจังหวัดชัยภูมิ เพื่อวิเคราะห์การผสมผสานทางพันธุกรรม และประเมินโครงสร้างและความสัมพันธ์ระหว่างประชากรชาวไทยอีสานและประชากรอื่นที่อาศัยอยู่ในภาคอีสานและประเทศเพื่อนบ้าน พบว่าประชากรชาวไทยอีสานที่ศึกษามีระดับความหลากหลายทางพันธุกรรมที่สูง และมีโครงสร้างทางพันธุกรรมที่แตกต่างกัน ผลการศึกษาดังกล่าวสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในงานนิติวิทยาศาสตร์ในอนาคต เช่น ในการคำนวณค่า matching probability เพื่อหาโอกาสที่ตัวอย่างชีววัตถุ จะตรงกับผู้ต้องสงสัยเป็นเท่าไร โดยใช้ดีเอ็นเอไมโทคอนเดรียเป็นเครื่องหมายทางพันธุกรรม ซึ่งการคำนวณค่าดังกล่าวต้องอาศัยฐานข้อมูลของดีเอ็นเอไมโทคอนเดรีย จากผลการศึกษารั้งนี้จะทำให้ฐานข้อมูลดีเอ็นเอไมโทคอนเดรียของประชากรชาวไทยอีสานมากขึ้น ซึ่งจะทำให้การคำนวณค่าพารามิเตอร์ทางนิติวิทยาศาสตร์มีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น ข้อมูลลำดับเบสของดีเอ็นเอไมโทคอนเดรียของประชากรทั้งหมด (ภาคผนวก 1) จะถูกส่งไปเก็บไว้ในฐานข้อมูล NCBI เพื่อสามารถให้นักวิจัยอื่นนำไปใช้ประโยชน์ต่อไปได้

นอกจากการรายงานข้อมูลความผันแปรของดีเอ็นเอไมโทคอนเดรียแล้ว การศึกษารั้งนี้ยังมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพันธุศาสตร์เชิงมานุษยวิทยา โดยเน้นการวิเคราะห์การผสมผสานทางพันธุกรรม พบว่าการผสมผสานทางพันธุกรรมของชาวไทยอีสานมีปัจจัยขึ้นอยู่กับลักษณะที่ตั้งของหมู่บ้าน กล่าวคือ ในบริเวณที่มีประชากรดั้งเดิมชาวเขมรอาศัยอยู่มาก เช่น ในจังหวัดบุรีรัมย์ จังหวัดอุบลราชธานี และจังหวัดนครราชสีมา จะมีการผสมผสานทางพันธุกรรมของชาวเขมรมาก ในขณะที่ถ้าเป็นบริเวณที่มีประชากรดั้งเดิมชาวเขมรอาศัยอยู่น้อย เช่น ในจังหวัดชัยภูมิ และจังหวัดขอนแก่น จะมีการผสมผสานทางพันธุกรรมจากชาวเขมรน้อย นอกจากนั้นการวิเคราะห์การผสมผสานทางพันธุกรรมยังพบว่าประชากรชาวไทยอีสานได้รับสัดส่วนทางพันธุกรรมจากประชากรพ่อแม่ชาวลาว จากประเทศลาวมากที่สุด ซึ่งเป็นการยืนยันการมีบรรพบุรุษร่วมกันระหว่างชาวไทยอีสานและชาวลาวในอดีต แต่ประชากรทั้งสองกลุ่มได้เริ่มแยกออกจากกันหลังจากที่ชาวลาวจำนวนมาก ได้ถูกกวาดต้อนให้มาอาศัยอยู่ในบริเวณของประเทศไทยในปัจจุบัน ได้เริ่มมีการผสมผสานกับประชากรดั้งเดิมชาวเขมรที่ครอบครองดินแดนแห่งนี้มาก่อน และจากนโยบายเสริมสร้างความเป็นรัฐของผู้คนสยามในช่วงศตวรรษที่ 20 (Thaification) ซึ่งนโยบาย Thaification ที่มีวัตถุประสงค์เพื่อเสริมสร้างความเป็นชาติไทย โดยพยายามที่จะละลายความเป็นชาติพันธุ์ ทั้งประชากรดั้งเดิมและผู้อพยพชาวลาว (Winichakul, 2000) หลังจากนั้นเป็นต้นมา ประชากรทั้งหมดในภาคอีสานจึงเรียกตัวว่าชาวไทยอีสาน จึงทำให้การผสมผสานทางพันธุกรรมมีมากขึ้น

ผลการศึกษาที่ได้จะถูกนำไปเผยแพร่ให้กับผู้นำชุมชนและสาธารณะ เช่น องค์การบริหารส่วนจังหวัด สถาบันการศึกษาในจังหวัด และในการจัดสัมมนาทางชาติพันธุ์อื่นๆ จะช่วยเสริมสร้างความเข้มแข็งและความตื่นตัวให้กับชุมชน ทำให้คนในชุมชนและเยาวชนสำนึกและตระหนักถึงคุณค่าทาง

ประวัติศาสตร์และชาติพันธุ์ของตน และใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการจัดตั้งพิพิธภัณฑ์ท้องถิ่น เพิ่มเติมในหลักสูตรการเรียนการสอนในท้องถิ่น และการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืน

อย่างไรก็ตามการศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาเครื่องหมายทางพันธุกรรมที่ถ่ายทอดผ่านทางเพศหญิงอย่างเดียวเท่านั้น ในอนาคตจึงมีความจำเป็นต้องมีการศึกษาเครื่องหมายทางพันธุกรรมชนิดอื่น เช่น โครโมโซมวาย และดีเอ็นเอบนออโตโซม และเพิ่มจำนวนประชากรชาวไทยอีสาน จากพื้นที่อื่นของภาคอีสาน เช่น บริเวณภาคอีสานตอนเหนือ หรือ แอ่งที่ราบสกลนคร เพื่อจะได้ข้อมูลโครงสร้างทางพันธุกรรม และการผสมผสานทางพันธุกรรมได้สมบูรณ์ขึ้น

บรรณานุกรม

- Andrews, R.M., Kubacka, I., Chinnery, P.F., Lightowlers, R.N., Turnbull, D.M. and Howell, N. 1999. Reanalysis and revision of the Cambridge reference sequence for human mitochondrial DNA. *Nat. Genet.* 23: 147.
- Bertorelle, G. and Excoffier, L. 1998. Inferring admixture proportions from molecular data. *Mol. Biol. Evol.* 15: 1298-1311.
- Black, M.L., Dufall, K., Wise, C., Sullivan, S. and Bittles, A.H. 2006. Genetic ancestries in northwest Cambodia. *Ann. Hum. Biol.* 33(5-6): 620-627.
- Bodner, M., Zimmermann, B., Röck, A., Kloss-Brandstätter, A., Horst, D., Horst, B., Sengchanh, S., Sanguansermsri, T., Horst, J., Krämer, T., Schneider, P.M. and Parson, W. 2011. Southeast Asian diversity: first insights into the complex mtDNA structure of Laos. *BMC Evol. Biol.* 11: 49.
- Boonsoda, P., Srithawong, S., Srikuka, S., Kutanan, W. 2013. Mitochondrial DNA variation of the Khmer in Surin Province, Thailand. *Thai J. Genet.* 6(1): 40-48 (in Thai).
- Bonnie Pacala, B and Somroay, Y. 2010. *Buddhist Murals of Northeast Thailand: Reflection of the Isan Heartland*. Chiangmai, Thailand: Silkworm Books.
- Cavalli-Sforza L.L. and Feldman M.W. 2003. The application of molecular genetic approaches to the study of human evolution. *Nat. Genet.* 33(Suppl.): 266-275.
- Davis, M.C. Novak, S.J. and Hampikian, G. 2011 Mitochondrial DNA Analysis of an immigrant Basque population: Loss of diversity due to founder effects.
- Dupanloup, I. and Bertorelle, G. 2001. Inferring admixture proportions from molecular data: Extension to any number of parental populations. *Mol. Biol. Evol.* 18: 672-675.
- Excoffier, L. and Lischer, H.E.L. 2010. Arlequin suite ver 3.5: A new series of programs to perform population genetics analyses under Linux and Windows. *Molecular Ecology Resources* 10: 564-567.

- Excoffier, L., Smouse, P. and Wuattro, J. 1992. Analysis of molecular variance inferred from metric distance among DNA haplotypes: application to human mitochondrial DNA restriction data. *Genetics* 131: 479-491.
- Fu, Y.X. 1997. Statistical tests of neutrality of mutations against population growth, hitchhiking and background selection. *Genetics* 147: 915-925.
- Fucharoen, G., Fucharoen, S. and Horai, S. 2001. Mitochondrial DNA polymorphisms in Thailand. *J Hum Genet* 46: 115-125.
- Greenberg, B.D., Newbold J.E. and Sugino A. 1983. Intraspecific nucleotide sequence variability surrounding the origin of replication in human mitochondrial DNA. *Gene*, 21, 33-49.
- Harpending H.C. 1994. Signature of ancient population growth in a low-resolution mitochondrial DNA mismatch distribution. *Human Biol.* 66: 591–600.
- Hurles, M.E., Nicholson, J. Bosch, E., Renfrew, C., Sykes, B.C., Jobling, M.A. 2002. Y chromosomal evidence for the origins of Oceanic-speaking peoples. *Genetics*. 160: 289-303.
- Kampuansai, J., Bertorelle, G., Castri, L., Nakbunlung, S., Seielstad, M. and Kangwanpong, D. 2007. Mitochondrial DNA Variation of Tai Speaking Peoples in Northern Thailand. *ScienceAsia* 33: 443-448.
- Keyes, C. 1967. *Isan: Regionalism in Northeastern Thailand*. Department of Asian Studies, Southeast Asia Program, Cornell University, New York.
- Keyes, C. 1974. A Note on the Ancient Towns and Cities of Northeastern Thailand. *Southeast Asian Studies* 11 (4): 497-506.
- Khanittanan, W. 2001. Khmer-Thai: the great change in the history of Thai. *J. Language and Linguistics*. 19(2): 35-50.
- Kutanan W, Kampuansai J, Nakbunlung S, Lertvicha P, Seielstad M, Bertorelle G, Kangwanpong D. 2011. Genetic structure of Khon Mueang populations along a historical Yuan migration route in Northern Thailand. *Chiang Mai J Science* 38(2): 295-305.

- Lewis, M. P. 2009. *Ethnologue: Languages of the World*, Sixteenth edition. Dallas, Tex.: SIL International. Online version: <http://www.ethnologue.com/>.
- Lertrit P., Poolsuwan S., Thosarat R., Sanpachudayan T., Boonyarit H., Chinpaisal C. and Suktitipat B. Genetic History of Southeast Asian Populations as Revealed by Ancient and Modern Human Mitochondrial DNA Analysis. 2008. *Am. J. Phys. Anthropol.* 137: 425-440.
- Librado, P. and Rozas, J. 2009. DnaSP v5: A software for comprehensive analysis of DNA polymorphism data. *Bioinformatics* 25: 1451-1452.
- Malyarchuk, B. A., Perkova, M. A., Derenko, M. V., Vanecek, T., Lazur, J. and Gomolcak, P. 2008. Mitochondrial DNA Variability in Slovaks, with Application to the Roma Origin. *Annals of Human Genetics* 72: 228-240.
- McCargo, D. and Hongladarom, K. 2004. Contesting Isan-ness: Discourses of Politics and Identity in Northeast Thailand. *Asian Ethnicity*, 5(2), 220-234.
- Pakendorf, B. and Stoneking, M. 2005. Mitochondrial DNA and human evolution. *Ann Rev Genomics Hum Genet* 6: 165-183.
- Peng, M.S., Quang, H.H., Dang, K.P., Trieu, A.V., Wang, H.W., Yao, Y.G., Kong, Q.P., Zhang, Y.P. 2010. Tracing the Austronesian footprint in Mainland Southeast Asia: a perspective from mitochondrial DNA. *Mol. Biol. Evol.* 27(10):2417-30
- Premssirat, S. 1999. Language and Ethnicity on Khorat Plateau. In: *Thailand: Culture and Society*. The Princess Maha Chakri Sirindhorn Anthropology Centre. pp 267-284. Ruen Kaew Printing, Bangkok.
- Rogers, A.R. and Harpending, H. 1992. Population growth makes waves in the distribution of pairwise genetic differences. *Mol. Bio. Evol.* 9(3): 552-569.
- Schliesinger, J. 2000. *Ethnic groups of Thailand: Non-Tai-speaking peoples*. White Lotus Press, Bangkok.
- Schliesinger J. 2001. *Tai Group of Thailand, Volume 1: Introduction and overview*. White Lotus Press, Bangkok.

- Schurr, T.G., Sukernik, R.I., Starikovskaya, Y.B. and Wallace, D.C. 1999. Mitochondrial DNA variation in Koryaks and Itel'men: population replacement in the Okhotsk sea-Bering sea region during the Neolithic. *Am. J. Phys. Anthropol.* 108: 1-39.
- Smalley, W. A. 1988. Multilingualism in the Northern Khmer population of Thailand. *Language Sciences*, 10(2): 395 – 408.
- Smalley, W. A. 1994. *Linguistic Diversity and National Unity: Language Ecology in Thailand*. University of Chicago Press, Chicago.
- Tajima, F. 1989. Statistical Method for Testing the Neutral Mutation Hypothesis by DNA Polymorphism. *Genetics* 123: 585-595.
- Talbot, S. and Janthod, C. 2002. Northeast Thailand before Angkor: Evidence from an Archaeological Excavation at the Prasat Hin Phimai. *Asia Perspectives*, 40 (2): 179-194.
- Vail, P. 2006. Can a language of a million speakers be endangered?: language shift and apathy among Northern Khmer speakers in Thailand. *International Journal of the Sociology of Language* 178, 135 -147.
- Vail, P. 2007. Thailand's Khmer as 'Invisible Minority': Language, Ethnicity and Cultural Politics in North-Eastern Thailand. *Asian Ethnicity* 8 (2). 111-130.
- Welch, D.J. 1998. Archaeology of Northeast Thailand in Relation to the Pre-Khmer and Khmer Historical Records. *International Journal of Historical Archaeology*. 2(3). 205-233.
- Winichakul T. 2000. "The Quest for "Siwilai": A Geographical Discourse of Civilizational Thinking in the Late Nineteenth and Early Twentieth-Century Siam. *The Journal of Asian Studies* 59(3): 528-549.
- Wongtaed S. 1999. Explore Isan Society and Cultures. Art and culture Press, Bangkok (in Thai).
- Wyatt, D.K. 1969. The Politics of Reform in Thailand. Yale University Press, New Haven.
- Wyatt, D. K. 1984. *Thailand: A Short History*. Yale University Press, New Haven.

ภาคผนวก

ลำดับเบสของประชากรชาวไทยอีสาน

1. ลำดับเบสของประชากรชาวไทยอีสาน จากจังหวัดบุรีรัมย์

>LAO202

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATTTCTGACATTACTGCCAGCCACCATGAATATTGTACAGT
ACCATAAATACTTGACCACCTGTAGTACATGAAAACCCAACCCACATCAAAACCCCCTCCCCATGCTTACAAGCAAGTACAGCA
ATCAACCCTCAACTATCACACATCAACTGCAACTCCAAAGCCACCCCTCACCCACTAGGATACCAACAACTTACCCACCCCTTA
ACAGCACATAGTACATAAAGCCATTTACCGTACATAGCACATTACAGTCAAATCCCTTCTCGTCCCCATGGATGACCCCCCTCA

>LAO203

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATTTCTGACATTACTGCCAGCCACCATGAATATTGTACGGT
ACCATAAATACTTGATCACCTGTAGTACATAAAAACCCAATCCACATCAAAACCCCCCCCCCATGCTTACAAGCAAGTACAGCAA
CCAACCCTCAACTATCACgCATCAACTgcAACTCCAAAGCCACCCCTCACCCACTAGGATACCAACAAACCTACCCACCCCTAAC
AGTACATAGTACATAAAGCCATTTACCGTACATAGCACATTACAGTCAAATCCCTTcTCGTCCCCATGGaTGACCCCCCTCA

>LAO204

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATTTCTGACATTACTGCCAGCCACCATGAATATTGTACGGT
ACCATAAATACTTGACCACCTGTAGTACATAAAAACCCAATCCACATCAAAACCCCCTCCCCATGCTTACAAGCAAGTACAGCA
ATCAACCTTCAACTATCACACATCAACTGCAACTCCAAAGCCACTCCTTACCCACCAGGATACCAACAAACCTACCCACCCCTTA
ACAGTACATAGTACATAAAGCCATTTACCGTACATAGCACATTACAGTCAAATCCCTTCTCGTCCCCATGGATGACCCCCCTCA

>LAO205

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATTTCTGACATTACTGCCAGCCACCATGAATATTGTACGGT
ACCATAAATACTTGACCACCTGTAGTACATAAAAACCCAATCCACATCAAAACCCCCTCCCCATGCTTACAAGCAAGTACAGCA
ATCAACCCTCAACTATCACACATCAACTGCAACTCCAAAGCCACCCCTCACCCACTAGGATACCAACAAACCTACCCACCCCTTA
ACAGTACATAGTACATAAAGCCATTTACCGTACATAGCACATTACAGTCAAATCCCTTCTCGTCCCCATGGATGACCCCCCTCA

>LAO206

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATTTCTGACATTACTGCTAGCCACCATGAATATTGTACAGTA
CCATAAATACTTGACCACCTGTAGTACATGAAAACCCAACCCACATCAAAACCCCCTCCCCATGCTTACAAGCAAGTACAGCAA
TCAACCCTCAACTATCACACATCAACTGCAACTCCAAAGCCACCCCTCACCCACTAGGATACCAACAAACCTACCCACCCCTTA
CAGCACATAGTACATAAAGCCATTTACCGTACATAGCACATTACAGTCAAATCCCTTCTCGTCCCCATGGATGACCCCCCTCA

>LAO207

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATTTCTGACATTACTGCCAGCCACCATGAATATTGTACAGT
ACCATAAATACTTGACCACCTGTAGTACATAAAAACCCAATCCACATCAAAACCCCCTCCTCATGCTTACAAGCAAGTACAGCA
ATCAACCTTCAACTATCACACATCAACTGCAACTCCAAAGCCACCCCTCACCCACTAGGATACCAACAAACCTACCCACCCCTA
ACAGTACATAGTACATAAAGCCATTTACCGTACATAGCACATTACAGTCAAATCCCTTCTCGTCCCCATGGATGACCCCCCTCA

>LAO208

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATTTCTGACATTACTGCCAGCCACCATGAATATTGTACAGT
ACCATAAATACTTGACCACCTGTAGTACATGAAAACCCAACCCACATCAAAACCCCCTCCCCATGCTTACAAGCAAGTACAGCA
ATCAACCCTCAACTATCACACATCAACTGCAACTCCAAAGCCACCCCTCACCCACTAGGATACCAACAACTTACCCACCCCTTA
ACAGCACATAGTACATAAAGCCATTTACCGTACATAGCACATTACAGTCAAATCCCTTCTCGTCCCCATGGATGACCCCCCTCA

>LAO209

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATTTCTGACATTACTGCCAGCCACCATGAATATTGTACGGT
ACCATAAATACTTGATCACCTGTAGTACATAAAAACCTTAATCCACATCAAAACCCCCCCCCCATGcTTACAAGCAAGTACAGCAA
CCAACCCTCAACTACCACGCATCAAcTGcAACTcCAAAGCCACCCCTCACCCACTAGGATACCAACAAACCTACCCaCCCTTAAC
AGTACATAGCACATAAAGCCATTTaCCGTACATAGCACATTACAGTCAAATCCCTTcTCGTCCCCATGGaTGAcCCCCCTCA

>LAO210

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATTTGTACATTACTGCTAGCCACCATGAATATTGTACAGTA
CCATAAATACTTGACCACCTGTAGTACATGAAAACCCAACCCACATCAAAACCCCCTCCCCATGCTTACAAGCAAGTACAGCAA
TCAACCCCTCAACTATCACACATCAACTGCAACTCCAAAGCCACCCCTCACCCACTAGGATACCAACAAACCTACCCACCCCTTAA
CAGCACATAGTACATAAAGCCATTTATCGTACATAGCACATTACAGTCAAATCCCTTCTCGTCCCCATGGATGACCCCCCTCA

>LAO211

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATTTGTACATTACTGCTAGCCACCATGAATATTGTACAGTA
CCATAAATACTTGACCACCTGTAGTACATGAAAACCCAACCCACATCAAAACCCCCTCCCCATGCTTACAAGCAAGTACAGCAA
TCAACCCCTCAACTATCACACATCAACTGCAACTCCAAAGCCACCCCTCACCCACTAGGATACCAACAAACCTACCCACCCCTTAA
CAGCACATAGTACATAAAGCCATTTACCGTACATAGCACATTACAGTCAAATCCCTTCTCGTCCCCATGGATGACCCCCCTCA

>LAO212

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATTTGTACATTACTGCTAGCCACCATGAATATTGTACAGTA
CCATAAATACTTGACCACCTGTAGTACATGAAAACCCAACCCACATCAAAACCCCCTCCCCATGCTTACAAGCAAGTACAGCAA
TCAACCCCTCAACTATCACACATCAACTGCAACTCCAAAGCCACCCCTCACCCACTAGGATACCAACAAACCTACCCACCCCTTAA
CAGCACATAGTACATAAAGCCATTTATCGTACATAGCACATTACAGTCAAATCCCTTCTCGTCCCCATGGATGACCCCCCTCA

>LAO213

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCCATGTATTTGTACATTACTGCCAGCCACCATGAATATTGTACAGT
ACCATAAATACTTGACCACCTGTAGTACATAAAAACCCAATCCACATCAAAACCCCCTCCTCATGCTTACAAGCAAGTACAGCA
ATCAACCTTCAACTATCACACATCAACTGCAACTCCAAAGCCACCCCTCACCCACTAGGATACCAACAAACCTACCCACCCCTA
ACAGTACATAGTACATAAAGCCATTTACCGTACATAGCACATTACAGTCAAATCCCTTCTCGTCCCCATGGATGACCCCCCTCA

>LAO214

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATTTGTACATTACTGCCAGCCACCATGAATATTGTACGGT
ACCATAAATACTTGACCACCTGTAGTACATAAAAACCCAATCCACATCAAAACCCCCTCCCCATGCTTACAAGCAAGTACAGCA
ATCAACCCCTCAACTATCACACATCAACTGCAACTCCAAAGCCACCCCTCACCCACTAGGATACCAACAAACCTATCCACCCCTTA
ACAGCACATAGTACATAAAGCCATTTACCGTACATAGCACATTACAGTCAAATCCCTTCTCGCCCCCATGGATGACCCCCCTCA

>LAO215

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATTTGTACATTACTGCCAGCCACCATGAATATTGTACGGT
ACCATAAATACTTGACCACCTGTAGTACATAAAAACCCAATCCACATCAAAACCCCCTCCCCATGCTTACAAGCAAGTACAGCA
ATCAACCCCTCAACTATCACACATCAACTGCAACCCCAAGCCACCCCTCACCCACTAGGATACCAACAAACCCACCCACCCCTTA
ATAGCACATAGTACATAAAGCCATTTACCGTACATAGCACATTACAGTCAAATCCCTTCTCGTCCCCATGGATGACCCCCCTCA

>LAO216

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATTTGTACATTACTGCTAGCCACCATGAATATTGTACAGTA
CCATAAATACTTGACCACCTGTAGTACATGAAAACCCAACCCACATCAAAACCCCCTCCCCATGCTTACAAGCAAGTACAGCAA
TCAACCCCTCAACTATCACACATCAACTGCAACTCCAAAGTCACCCCTCACCCACTAGGATACCAACAAACCTACCCACCCCTTAA
CAGCACATAGTACATAAAGCCATTTACCGTACATAGCACATTACAGTCAAATCCCTTCTCGTCCCCATGGATGACCCCCCTCA

>LAO217

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATTTGTACATTACTGCCAGCCACCATGAATATTGTACGGT
ACCATAAATACTTAACCACCTGTAGTACATAAAAACCCAATCCACATCAAAACCCCCTCCTCATGCTTACAAGCAAGTACAGCAA
TCAACCCCTCAACTATCACACATCAACCGCAACTCCAAAGCCACCCCTCACCCACTAGGATACCAACAAACCTACCCACCCCTTAA
CAGCACATGGTACATAAAGCCATTTACCGTACATAGCACATTACAGTCAAATCCCTTCTCGTCCCCATGGATGACCCCCCTCA

>LAO218

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATTTGTACATTACTGCCAGCCACCATGAATATTGTACGGT
ACCATAAATACTTGACCACCTGTAGTACATAAAAACCCAATCCACATCAAAACCCCCTCCCCATGCTTACAAGCAAGTACAGCA

ATCAACCCTCAACTATCACACATCAACTGCAACTCCAAAGCCACCCCTCACCCTAGGATACCAACAAACCTACCCACCCCTTA
ACAGTACATAGTACATAAAGCCATTTACCGTACATAGCACATTACAGTCAAATCCCTTCTCGTCCCCATGGATGACCCCCCTCA
>LAO219

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATCTCGTACATTACTGCCAGCCACCATGAATATTGTACAGT
ACCATAAATACTTGACCACCTGTAGTACATAAAAAACCAATCCACATCAAAACCCCTCCCCATGCTTACAAGCAAGTACAGCA
ATCAACCCTCAACTATCACACATCAACTGCAACTCCAAAGCCACCCCTCACCCTAGGATACCAACAAACCTACCCACCCCTTA
ACAGCACATAGTACATAAAGCCATTTACCGTACATAGCACATTACAGTCAAATCCCTTCTCGTCCCCATGGATGACCCCCCTCA
>LAO220

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATTTCTGTACATTACTGCCAGCCACCATGAATATTGTACGGT
ACCATAAATACTTGACCACCTGTAGTACATAAAAAACCAATCCACATCAAAACCCCTCCCCATGCTTACAAGCAAGTACAGCA
ATCAACCCTCAACTATCACACATCAACTGCAACTCCAAAGCCACCCCTCACCCTAGGATACCAACAAACCTACCCACCCCTTA
ACAGTACATAGTACATAAAGCCATTTACCGTACATAGCACATTACAGTCAAATCCCTTCTCGTCCCCATGGATGACCCCCCTCA
>LAO221

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATTTCTGTACATTACTGCCAGCCACCATGAATATTGTACAGT
ACCATAAATACTTGACCACCTGTAGTACATAAAAAACCAATCCACATCAAAACCCCTCCCCATGCTTACAAGCAAGTACAGCA
ATCAACCCTCAACTATCACACATCAACTGCAACTCCAAAGCCACTCCTCACCCTAGGATACCAACAAACCTACCCACCCCTTA
ACAGTACATAGTACATAAAGCCATTTACCGTACATAGCACATTACAGTCAAATCCCTTCTCGTCCCCATGGATGACCCCCCTCA
>LAO222

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATTTCTGTACATTACTGCCAGCCACCATGAATATTGTACGGT
ACCATAAATACTTGACCACCTGTAGTACATAAAAAACCAATCCACATCAAAACCCCTCCCCATGCTTACAAGCAAGTACAGCA
ATCAACCCTCAACTATCACACATCAACTGCAACTCCAAAGCCACTCCTCACCCTAGGATACCAACAAACCTACCCACCCCTCA
ACAGTACATAGTACATAAAGCCATTTACCGTACATAGCACATTACAGTCAAATCCTTCTCGCCCCCATGGATGACCCCCCTCA
>LAO223

GGTGCCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATTTCTGTACATTACTGCCAGCCACCATGAATATTGTACGGT
ACCATAAATACTTGACCACCTGTAGTACATAAAAAACCAATCCACATCAAAACCCCCCCCCCATGCTTACAAGCAAGTACAGCA
ATCAACCCTCAACTATCACACATcAACTGcAACTCCAAAGCCACCCCTCACCcGcTaGGATACCAACAAACCTACCTACCCTTAG
CAGCACATAGtACATAAAGCCATTTaCCGtACATAGCACATTACAGTCAAATCCCTTCTcGTCCCCAtGGAtGACCCCCCTcA
>LAO224

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATTTCTGTACATTACTGCCAGCCACCATGAATATTGTACAGT
ACCATAAATACTTGACCACCTGTAGTACATAAAAAACCAATCCACATCAAAACCCCCCCCCCATGCTTACAAGcAgTaAgCaAt
CaAcCCTCAACTA-

CACACAtCAACTgcAACTCCAAAGCCACCCCTCACCCTAGGATACCAACAAACCTACCCaCCCTTAACAGTACATAGTACATA
AAGCCATTTaCCGTACATAGCACATTACAGTCAAATCCCTTcTCGTCCCCATGGaTGACCCCCCTCA

>LAO225

GGTGCCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATTTCTGTACATTACTGCCAGCCACCATGAATATTGTACGGT
ACCATAAATACTTGACCACCTGTAGTACATAAAAAACCAATCCACATCAAAACCCCTCCCCATGCTTACAAGCAAGTACAGCA
ATCAACCCTCAACTATCACACATCAACTGCAACTCCAAAGGCCACCCCTTACCCTAGGATACCAACAAACCTACCCACCCCTTA
ACAGTACATAGTACATAAAGCCATTTACCGTACATAGCACATTACAGTCAAATCCCTTCTCGCCCCCATGGATGACCCCCCTCA
>LAO226

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATTTCTGTACATTACTGCCAGCCACCATGAATATTGTACGGT
ACCATAAATACTTGACCACCTGTAGTACATAAAAAACCAATCCACATCAAAACCCCTCCCCATGCTTACAAGCAAGTACAGCA
ATCAACCCTCAACTATCACACATCAACTGCAACTCCAAAGGCCACCCCTCACCCTAGGATACCAACAAACCTACCCACCCCTTA
ACAGTACATAGTACATAAAGCCATTTACCGTACATAGCACATTACAGTCAAATCCCTTCTCGTCCCCATGGATGACCCCCCTCA

>LAO227

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATTTGTACATTACTGCCAGCCACCATGAATATTGTACGGT
ACCATAAATACTTGACCACCTGTAGTACATAAAAAACCAATCCACATCAAAACCCCCTCCCCATGCTTACAAGCAAGTACAGCA
ATCAACCCTCAACTATCACACATCAACTGCAACTCCAAAGCCACTCCTCACCCACTAGGATACCAACAAACCTACCCACCCTCA
ACAGTACATAGTACATAAAGCCATTTACCGTACATAGCACATTACAGTCAAATCCTTTCTCGCCCCCATGGATGACCCCCCTCA

>LAO228

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATTTGTACATTACTGCCAGCCACCATGAATATTGTACGGT
ACCATAAATACTTGACCACCTGTAGTACATAAAAAACCAATCCACATCAAAACCCCCTCCCCATGCTTACAAGCAAGTACAGCA
ATCAACCCTCAACTATCACACATCAACTGCAACTCCAAAGCCACTCCTCACCCACTAGGATACCAACAAACCTACCCACCCTCA
ACAGTACATAGTACATAAAGCCATTTACCGTACATAGCACATTACAGTCAAATCCTTTCTCGCCCCCATGGATGACCCCCCTCA

>LAO229

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATTTGTACATTACTGCCAGCCACCATGAATATTGTACGGT
ACCATAAATACTTGACCACCTGTAGTACATAAAAAACCAATCCACATCAAAACCCCCTCCCCATGCTTACAAGCAAGTACAGCA
ATCAACCCTCAACTATCACACATCAACTGCAACTCCAAAGCCACCCCTCACCCACTAGGATACCAACAAACCTACCCACCCTTA
ACAGTACATAGTACATAAAGCCATTTACCGTACATAGCACATTACAGTCAAATCCTTTCTCGCCCCCATGGATGACCCCCCTCA

>LAO231

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATTTGTACATTACTGCCAGCCACCATGAATATTGTACGGT
ACCATAAATACTTGACCACCTGTAGTACATAAAAAACCAATCCACATCAAAACCCCCCCCCCaTGCTTACAAGCAAGTACAGCA
ATCAACCCTCAACTATcACACATcAACTGcAACTCCAAAGCCACCCCTcAGCCaCTaGGATACCAACAAACCTACTCACCCCTTAAC
AGtACATAGtACATAAAGCCaTTTaCCGtACATAGCACATTACAGTcAAATcCCTTcTCGTCCCcGatGACCCCCCTCA

>LAO232

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATTTGTACATTACTGCCAGCCACCATGAATATTGTACAGT
ACCATAAATACTTGACCACCTGTAGTACATAAAAAACCAATCCACATCAAAACCCCCTCCTCATGCTTACAAGCAAGTACAGCA
ATCAACCCTCAACTATCACACATCAACTGCAACTCCAAAGCCACCCCTCACCCACTAGGATATCAACAAACCTACCCACCCTTA
ACAGTACATAGTACATAAAGCCATTTACCGTACATAGCACATTACAGTCAAATCCCTTCTCGTCCCCATGGATGACCCCCCTCA

>LAO233

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATTTGTACATTACTGCCAGCCACCATGAATATTGTACAGT
ACCATAAATACTTGACTACCTGTAGTACATAAAAAACCAATCCACATCAAAACCCCCTCCCCATGCTTACAAGCAAGTACAGCA
ATCAACCCTCAACTATCACACATCAACTGCAACTCCAAAGCCACCCCTCACCCACTAGGATACCAACAAACCTACCCACCCTCA
ACAGTACATAGTACATAAAGCCATTTATCGTACATAGCACATTACAGTCAAATCCCTTCTCGTCCCCATGGATGACCCCCCTCA

>LAO234

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCCATGTATTTGTACATTACTGCCAGCCACCATGAATATTGTACGGT
ACCATAAATACTTGACCACCTGTAGTACATAAAAAACCAATCCACATCAAAACCCCCTCCCCATGCTTACAAGCAAGTACAGCA
ATCAACCCTCAACTATCACACATCAACTGCAACTCCAAAGCCACCCCTCACCCACTAGGATACCAACAAACCTACCCACCCTTA
ACAGTACATAGTACATAAAGCCATTTACCGTACATAGCACATTACAGTCAAATCCCTTCTCGTCCCCATGGATGACCCCCCTCA

>LAO235

GGTGCCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATTTGTACATTACTGCCAGCCACCATGAATATTGTACGGT
ACCATAAATACTTGACCACCTGTAGTACATAAAAAACCAATCCACATCAAAACCCCCTCCCCATGCTTACAAGCAAGTACAGCA
ATCAACCCTCAACTATCACACATCAACTGCAACTCCAAGGCCACCCCTTACCCACTAGGATACCAACAAACCTACCCACCCTTA
ACAGTACATAGTACATAAAGCCATTTACCGTACATAGCACATTACAGTCAAATCCCTTCTCGCCCCCATGGATGACCCCCCTCA

>LAO236

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATTTGTACATTACTGCCAGCCACCATGAATATTGTACGGT
ACCATAAATACTTGACCACCTGTAGTACATAAAAAACCAATCCACATCAAAACCCCCTCCCCATGCTTACAAGCAAGTACAGCA

ATCAACCCCTCAACTATCACACATCAACTGCAACTCCAAAGCCACTCCTCACCCTAGGATACCAACAAACCTACCCACCCTCA
ACAGTACATAGTACATAAAGCCATTTACCGTACATAGCACATTACAGTCAAATCCTTTCTCGCCCCCATGGATGACCCCCCTCA
>LAO237

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATTTCTGACATTACTGCCAGCCACCATGAATATTGTACAGT
ACCATAAATACTTGACTACCTGTAGTACATAAAAACCCAATCCACATCAAAACCCCCTCCCCATGCTTACAAGCAAGTACAGCA
ATCAACCTTCAACTATCACACATCAACTGCAACTCCAAAGCCACCCCTCACCCTAGGATACCAACAAACCTACCCACCCTCA
ACAGTACATAGTACATAAAGCCATTTATCGTACATAGCACATTACAGTCAAATCCTTTCTCGTCCCCATGGATGACCCCCCTCA
>LAO238

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATTTCTGACATTACTGCCAGCCACCATGAATATTGTACGGT
ACCATAAATACTTGACCACCTGTAGTACATAAAAACCCAATCCACATCAAAACCCCCTCCCCATGCTTACAAGCAAGTACAGCA
ATCAACCCCTCAACTATCACACATCAACTGCAACTCCAAAGCCACTCCTCACCCTAGGATACCAACAAACCTACCCACCCTCA
ACAGTACATAGTACATAAAGCCATTTACCGTACATAGCACATTACAGTCAAATCCTTTCTCGCCCCCATGGATGACCCCCCTCA
>LAO239

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATTTCTGACATTACTGCTAGCCACCATGAATATTGTACAGTA
CCATAAATACTTGACCACCTGTAGTACATGAAAACCCAACCCACATCAAAACCCCCTCCCCATGCTTACAAGCAAGTACAGCAA
TCAACCTCAACTATCACACATCAACTGCAACTCCAAAGCCACCCCTCACCCTAGGATACCAACAAACCTACCCACCCTTAA
CAGCACATAGTACATAAAGCCATTTACCGTACATAGCACATTACAGTCAAATCCCTTCTCGTCCCCATGGATGACCCCCCTCA
>LAO240

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATCTCGTACATTACTGCCAGCCACCATGAATATTGTACGGT
ACCATAAATACTTGACCACCTGTAGTACATAAAAACCCAATCCACATCAAAACCCCCCCCCCATGCTTACAAGcAAGTACAGCA
ATCAACCCCTCAACTATCACACATcAACTGcAAcTCCAAAGCCACCCCTCAACCCTAGGATACCAACAAACCTACCCACCCTTAA
CAGTACATAGtACATAAAGCCaTTTaCCGtACATAGCACATTACAGTcAAATCCCTTcTCGTCCCCatGGAtGACCCCCCTcA
>LAO241

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATTTCTGACATTACTGCCAGCCACCATGAATATTGTACGGT
ACCATAAATACTTAACCACCTGTAGTACATAAAAACCCAATCCACATCAAAACCCCCTCCTCATGCTTACAAGCAAGTACAGCAA
TCAACCTCAACTATCACACATCAACCGCAACTCCAAAGCCACCCCTCACCCTAGGATACCAACAAACCTACCCACCCTTAA
CAGCACATGGTACATAAAGCCATTTACCGTACATAGCACATTACAGTCAAATCCCTTCTCGTCCCCATGGATGACCCCCCTCA
>LAO242

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATTTCTGACATTACTGCCAGCCACCATGAATATTGTACGGT
ACCATAAATACTTGATCACCTGTAGTACATAAAAACCCAATCCACATCAAAACCCCCCCCCCATGCTTACAAGCAAGTACAGCA
ACCAACCCCTCAACTATCACGCATCAACTGCAACTCCAAAGCCACCCCTCACCCTAGGATACCAACAAACCTACCCACCCTTA
ACAGTACATAGTACATAAAGCCATTTACCGTACATAGCACATTACAGTCAAATCCCTTcTCGTCCCCATGGaTGACCCCCCTCA
>LAO243

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATTTCTGACATTACTGCCAGCCACCATGAATATTGTACGGT
ACCATAAATACTTGATCACCTGTAGTACATAAAAACCTTAATCCACATCAAAACCCCCCCCCCATGcTTACAAGCAAGTACAGCAA
CCAACCTCAACTACCACGCATCAACTGCAACTCCAAAGCCACCCCTCACCCTAGGATACCAACAAACCTACCCACCCTTA
ACAGTACATAGCACATAAAGCCATTTaCCGTACATAGCACATTACAGTCAAATCCCTTcTCGTCCCCATGGaTGACCCCCCTCA
>LAO244

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTatgTATTTCTGACATTACTGCCAGCCACCATGAATATTGTACAGTA
CCATAAATACTTGACCACCTGTAGTACATAAAAACCCAACCCACATCAAAACCCCCTCCCCATGCTTACAAGCAAGCACAGCAA
TCAACCTCAACTATCACACATCAACTGCAACTCCAAAGCCACCCCTCACCCTAGGATACCAACAAACCTACCCACCCTTAA
CAGCACATAGTACATAAAGCCATTTACCGTACATAGCACATTACAGTCAAATCCCTTCTCGTCCCCACGGATGACCCCCCTCA
>LAO245

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATTTGTACATTACTGCCAGCCACCATGAATATTGTACGGT
 ACCATAAACTTTGACCACCTGTAGTACATAAAAAACCAATCCACATCAAACCCCCCCCCCATGcTtAcAagcAAGtaAgCAaTC
 AACCCCTCAAcTATCACACATCAAcTGAACCTCAAAGCCACCCCTCAACCACTaGGATACCAACAAACCTACCCaCCCTTAACAGt
 ACATAGtACATAAAGCCATTTaCCGtACATAGCACATTACAGTCAAATCCCTTCTCGTCCCCatGGAtGACCCCCCTcA

>LAO246

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATTTGTACATTACTGCCAGCCACCATGAATATTGTACGGT
 ACCATAAACTTTGACCACCTGTAGTACATAAAAAACCAATCCACATCAAACCCCCCTCCCCATGCTTACAAGCAAGTACAGCA
 ATCAACCCCTCAACTATCACACATCAACTGCAACTCCAAAGCCACTCCTCACCCACTAGGATACCAACAAACCTACCCACCCCTCA
 ACAGTACATAGTACATAAAGCCATTTACCGTACATAGCACATTACAGTCAAATCCTTTCTCGCCCCCATGGATGACCCCCCTCA

>LAO247

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATTTGTACATTACTGCCAGCCACCATGAATATTGTACGGT
 ACCATAAACTTTGACCACCTGTAGTACATAAAAAACCAATCCACATCAAACCCCCCCCCCATGcttAcAagCAaGtACAGCAAtCA
 ACCTTCAACTATCAcACATCAAcTGAACCTCAAAGCCACCCCTCACCCACTaGGATACCAACAAACCTACCCaCCCTTAACAGtA
 CATAGtACATAAAGCCATTTaTcGtACATAGCACATTACAGTCAAATCCCTTCTcGTCCCCatGGAtGACCCCCCTcA

>LAO248

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATCTCGTACATTACTGCCAGCCACCATGAATATTGTACGGT
 ACCATAAACTTTGACCACCTGTAGTACATAAAAAACCAATCCACATCAACCCCCCCCCCATGcTtAcAagCAaGtACAGCAATC
 AACCCCTCAACTATCACACATCAACTGCAACTCCAAAGCCACCTCTCAACCACTAGGATACCAACAAACCTACCCACCCCTTAACa
 GtACATAGtACATAAAGCCaTTTaCCGtACATAGCACATTACaGTCAAATCCCTTCTCGTCCCCatGGAtGACCCCCCTCA

>LAO249

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATTTGTACATTACTGCCAGCCACCATGAATATTGTACGGT
 ACCATAAACTTTGATCACCTGTAGTACATAAAAAACCAATCCACATCAAACCCCCCCCCCATGCTTACAAGCAAGTACAGCA
 ACCAACCCCTCAACTATCACGCATCAACTGCAACTCCAAAGCCACCCCTCACCCACTAGGATACCAACAAACCTACCCACCCCTTA
 ACAGTACATAGTACATAAAGCCATTTACCGtACATAGCACATTACAGTCAAATCCCTTCTCGTCCCCATGGaTGACCCCCCTCA

>LAO250

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATTTGTACATTACTGCCAGCCACCATGAATATTGTACGGT
 ACCATAAACTTTGAcTACCTGTAGTACATAAAAAACCAATCCACATCAACCCCCCCCCCATGCTTAcAAGCAaGtACAGCAAtc
 AACCCtCAACTATCACAcATCAACTGCAACTCCAAAGCCaCCTcTCAACCACTAGGATACCAAcAAACCTACCCaCCCTTAACAGT
 ACATAGTAcATAAAGCCATTTaCCGTACATAGCACATTACAGTCAAATCCCTTCTCGTCCCCatGGAtGACCCCCCTCA

>LAO251

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATTTGTACATTACTGCCAGCCACCATGAATATTGTACGGT
 ACCATAAACTTTGACCACCTGTAGTACATAAAAAACCTAATCCACATCAAACCCCCCTCCCCATGCTTACAAGCAAGTACAGCA
 ATCAACCTTCAACTATCATACATCAACTGCAACTCCAAAGCCACCCCTCACCCACTAGGATATCAACAAACCTACCCATCCTTAA
 CAGTACATAGTACATAAAGCCATTTACCGTACATAGCACATTACAGTCAAATCCCTTCTCGTCCCCATGGATGACCCCCCTCA

>LAO252

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATTTGTACATTACTGCTAGCCACCATGAATATTGTACAGTA
 CCATAAACTTTGACCACCTGTAGTACATGAAAAACCAACCCACATCAAACCCCCCTCCCCATGCTTACAAGCAAGTACAGCAA
 TCAACCCCTCAACTATCACACATCAACTGCAACTCCAAAGCCACCCCTCACCCACTAGGATACCAACAAACCTACCCACCCCTTAA
 CAGCACATAGTACATAAAGCCATTTACCGTACATAGCACATTACAGTCAAATCCCTTCTCGTCCCCATGGATGACCCCCCTCA

>LAO253

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATTTGTACATTACTGCCAGCCACCATGAATATTGTACAGT
 ACCATAAACTTTGACCACCTGTAGTACATAAAAAACCAATCCACATCAAACCCCCCTCCTCATGCTTACAAGCAAGTACAGCA

ATCAACCTTCAACTATCACACATCAACTGCAACTCCAAAGCCACCCCTCACCCACTAGGATACCAACAAACCTACCCACCCCTA
ACAGTACATAGTACATAAAGCCATTTACCGTACATAGCACATTACAGTCAAATCCCTTCTCGTCCCCATGGATGACCCCCCTCA

2. ลำดับเบสของประชากรชาวไทยอีสาน จากจังหวัดอุบลราชธานี

>LAO301

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATTTCTGTACATTACTGCCAGCCACCATGAATATTGTACAGT
ACCATAAATACTTGACCACCTGTAGTACATAAAAAACCAATCCACATCAAAACCCCTCCCCATGCTTACAAGCAAGCACAGCA
ATCAACCTTCAACTATCACACATCAACtGCAACTCCAAAGCCACCCCTCACCCACTGGGATACCAACAAACCTACCCACCCCTTA
ACAGTACATAGTACATAAAGCCATTTACCGTACATAGCACATTACAGTCAAATCCCTTCTCGTCCCCATGGATGACCCCCCTCA

>LAO302

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATCTCGTACATTACTGCCAGCCACCATGAATATCGTACGGT
ACCATAAATACTTGACTACCTGTAGTACATAAAAAACCAATCCACATCAAAACCCCTCCCCATGCTTACAAGCAAGTACAGCA
ATCAACCTTCAACTATCACACATCAACtGCAACTCCAAAGCCACCCCTCACCCACTAGGATACCAACAAACCTACCCACCCCTTAA
CAGTACATAGTACATAAAGCCaTTTACCGTACATAGCACATTACAGTCAAATCCcTTCTCGTCCCCATGGATGACCCCCCTCA

>LAO303

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATTTCTGTACATTACTGCCAGCCACCATGAATATTGTACGGT
ACCATAAATACTTGACCACCTGTAGTACATAAAAAACCAATCCACATCAAAACCCCTCCCCATGCTTACAAGCAAGTACAGCA
ATCAACCTTCAACTATCACACATCAACtGCTACTCCAAAGCCACCCCTCACCCACTAGGATACCAACAAACCTACCCACCCCTTAA
CAGTACATAGCACATAAAGCCATTTACCGTACATAGCACATTACAGTCAAATCCCTTCTCGCCCCATGGATGACCCCCCTCA

>LAO304

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCCATGTATTTCTGTACATTACTGCCAGCCACCATGAATATTGTACAGT
ACCATAAATACTTGACCACCTGTAGTACATAAAAAACCAATCCACATCAAAACCCCTCCCCATGCTTACAAGCAAGCACAGCA
ATCAACCTTCAACTATCACACATCAACtGCAACTCCAAAGCCACCCCTCACCCACTGGgATAcAAACAAACCTACCCACCCCTTAA
CAGTACATAGTACATAAAGCCATTTACCGTACATAGCACATTACAGTCAAATCCCTTCTCGCCCCATGGATGACCCCCCtCA

>LAO305

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATTTCTGTACATTACTGCCAGCCACCATGAATATTGTACGGT
ACCATAAATACTTGACCACCTGTAGTACATAAAAAACCAACCCACATCAAAACCCCCCCCCtCATGCTTACAAGCAAGCACAGCA
ATCAACCTTCAACTATCACACATCAACTGCAACTCCAAAGCCACCCCTCACCCACTaGGaTACCAACAAACCTACTCACCCCTTAA
CAGTACATAGTACATAAAGCCaTTTaCCGiACATAGCACaTTACAGTCAAATcCCTTCTCGTCCCCATGGATGACCCCCCTcA

>LAO306

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATCTCGTACATTACTGCCAGCCACCATGAATATCGTACGGT
ACCATAAATACTTGACTACCTGTAGTACATAAAAAACCAATCCACATCAAAACCCCTCCCCATGCTTACAAGCAAGTACAGCA
ATCAACCTTCAACTATCACACATCAACtGCAACTCCAAAGCCACCCCTCACCCACTAGGATACCAACAAACCTACCCACCCCTTAA
CAGTACATAGTACATAAAGCCATTTACCGTACATAGCACATTACAGTCAAATCCCTTCTCGTCCCCATGGATGACCCCCCTCA

>LAO307

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATCTCGTACATTACTGCCAGCCACCATGAATATCGTACGGT
ACCATAAATACTTGACTACCTGTAGTACATAAAAAACCAATCCACATCAAAACCCCTCCCCATGCTTACAAGCAAGTACAGCA
ATCAACCTTCAAcTATCACACATCAACTGCAACTCCAAAGCCACCCCTCACCCACTAGGATACCAACAAACCTACCCACCCCTTA
ACAGTACATAGTACATAAAGCCATTTACCGTACATAGCACATTACAGTCAAATCCCTTCTCGTCCCCATGGATGACCCCCCTCA

>LAO308

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATTTGTACATTACTGCCAGCCACCATGAATATCGTACGGT
 ACCATAAATACTTGACCACCTGTAGTACATAAAAAACCAATCCACATCAAAACCCCTCCCTATGCTTACAAGCAAGTACAGCA
 ATCAACCTTCAACTATCACACATCAACTGCAACTCCAAAGCCACCCCTCACCCACTAGGATACCAACAAACCTACCCACCCCTTA
 ACAGTACATAGTACATAAAGCCATTTACCGTACATAGCACATTACAGTCAAATCCCTTCTCGTCCCCATGGATGACCCCCCTCA
 >LAO309

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATTTGTACATTACTGCCAGCCACCATGAATATTGTACGGT
 ACCATAAATACTTGACCACCTGTAGTACATAAAA-
 CCAATCCACATCAAAACCCCTCCCCATGCTTACAAGCAAGTACAGTAATCAACCTTCAACTATCACACATCAACTGCAACTC
 CAAAGCCACCCCTCACCCACTAGGATACCAACAAACCTACCCACCCCTTAACAGTACATAGTACATAAAGCCATTTACCGTACAT
 AGCACATTACAGTCAAATCCCTTCTCGTCCCCATGGATGACCCCCCTCA

>LAO310

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATCTCGTACATTACTGCCAGCCACCATGAATATCGTACGGT
 ACCATAAATACTTGACTACCTGTAGTACATAAAAAACCAATCCACATCAAAACCCCTCCCCATGCTTACAAGCAAGTACAGCA
 ATCAACCTTCAACTATCACACATCAACtGCAACTCCAAAGCCACCCCTCACCCACTAGGATACCAACAAACCTACCCACCCCTTAA
 CAGTACATAGTACATAAAGCCATTTACCGTACATAGCACATTACAGTCAAATCCCTTCTCGTCCCCATGGATGACCCCCCTCA

>LAO311

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATTTGTACATTACTGCTAGCCACCATGAATATTGTACAGTA
 CCATAAATACTTGACCACCTGTAGTACATGAAAAACCAACCCACATCAAAACCCCTCCCCATGCTTACAAGCAAGTACAGCAA
 TCAACCTTCAACTATCACACATCAACtGCAACTCCAAAGCCACCCCTCACCCACTAGGATACCAACAAACCTACCCACCCCTTAA
 CAGTACATAGCACATAAAGCCATTTACCGTACATAGCACATTACAGTCAAATCCCTTCTCGTCCCCATGGATGACCCCCCTCA

>LAO312

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATTTGTACATTACTGCCAGCCACCATGAATATTGTACGGT
 ACCATAAATACTTAAACACCTGTAGTACATAAAAAACCAATCCACATCAGAACCCCTCCTCATGCTTACAAGCAAGTACAGCA
 ATCAACCTTCAACTATCACACATCAACtGCAACTCCAAAGCCACCCCTCACCCACTAGGATACCAACAAACCTACTCACCCCTTAA
 CAGCACATAGTACATAAAGCCATTTACCGTACATAGCACATTACAGTCAAATCCCTTCTCGTCCCCATGGATGACCCCCCTCA

>LAO313

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATTTGTACATTACTGCCAGCCACCATGAATATTGTACGGT
 ACCATAAATACTTGACCACCTGTAGTACATAAAAAATCCAATCCACATCAACCCCCCCCCCCCCATGcTTAcAAGCAAGTAcAGCAAC
 TAACCTTCAACTATCACACATCAACTGcAACTCCAAAGCCACCTCTCACCCACTAGGATACCAACAAACCTACCCaCCCTTAACA
 GtACATAGTACATAAAGCCaTTTaCCGtACATAGCaTTACaGTCAAATcCCTTcTcGTCCCCAtGatGaCCCCCTCA

>LAO314

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATTTGTACATTACTGCCAGCCACCATGAATATTGTACAGT
 ACCATAAATACTTGACCACCTGTAGTACATAAAAAACCAACCCACATCAAAACCCCTCCCCATGCTTACAAGCAAGTACAGCA
 ATCAACCTTCAACTATCACACATCAACtGCAACTCCAAAGCCACCCCTCACCCACTAGGATACCAACAAACCTACCCACCCCTTA
 ACAGCACATAGTACATAAAGCCATTTACCGTACATAGCACATTACAGTCAAATCCCTTCTCGTCCCCATGGATGACCCCCCTCA

>LAO315

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATTTGTACATTACTGCCAGCCACCATGAATATTGTACAGT
 ACCATAAATACTTGACCACCTGTAGTACATAAAAAACCAACCCACaTCAAAACCCCTCCCCATGCTTACAAGCAAGTACAGCA
 aTCAACCTTCAACTATCACACaTCAACTGCAACTCCAAAGCCACCCCTCACCCACTAGGATACCAACAAACCTACCCACCCCTTA
 ACAGCACATAGTACATAAAGCCATTTACCGTACATAGCACATTACAGTCAAATCCCTTCTCGTCCCCATGGATGACCCCCCTCA

>LAO316

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATTTGTACATTACTGCCAGCCACCATGAATATTGTACGGT
 ACCATAAACACTTGACCACCTGTAGTACATAAAAAACCAATCCACATCAAAACCCCCCCCCCA TGcTTAcAAGcAAGTAcGCAAT

CAACCCCTCAACTATCACACATCAACTGCAACTCCAAAGCCACCCCTcAACCcTAGGATACCAACAAACCTACCCaCCCTTAACA
GTACATAGtACATAAAGCCaTTTaCCGtACATAGCACATTACAGTCAAATCCCTTcTcGTCCCaTGaTGACCCCCCTcA

>LAO317

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATTTCTGTACATTACTGCCAGCCACCATGAATATTGTACGGT
ACCATAAATACTTGATCACCTGTAGTACATAAAAAACCAATCCACATCAAACACCCCCCCCCATGCTTACAAGCAAgTACAGCAA
CCAACCCCTCAACTATCACGCATCAACTGCAACTCCAAAGCCACCCCTCACCCACTAGGATACCAACAAACCTACCCATCCCTTAA
CaGTACATAGTACATAAAGCCaTTTACCGTACATAGCACATTACAGTCAAATcCCCTTcTcGTcCCCATGGaTGaCCCCCCTcA

>LAO318

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATCTCGTACATTACTGCCAGCCACCATGAATATCGTACGGT
ACCATAAATACTTGACTACCTGTAGTACATAAAAAACCAATCCACATCAAACACCCCTCCCCATGCTTACAAGCAAGTACAGCA
ATCAACCTTCAACTATCACACATCAACIGCAACTCCAAAGCCACCCCTCACCCACTAGGATACCAACAAACCTACCCACCCCTTAA
CAGTACATAGTACATAAAGCCATTACCGTACATAGCACATTACAGTCAAATCCCTTCTCGTCCCCATGGATGACCCCCCTCA

>LAO319

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATCTCGTACATTACTGCCAGCCACCATGAATATCGTACGGT
ACCATAAATACTTGACTACCTGTAGTACATAAAAAACCAATCCACATCAAACACCCCTCCCCATGCTTACAAGCAAGTACAGCA
ATCAACCTTCAACTATCACACATCAACTGCAACTCCAAAGCCACCCCTCACCCACTAGGATACCAACAAACCTACCCACCCCTTA
ACAGTACATAGTACATAAAGCCATTACCGTACATAGCACATTACAGTCAAATCCCTTCTCGTCCCCATGGATGACCCCCCTCA

>LAO320

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATCTCGTACATTACTGCCAGCCACCATGAATATCGTACGGT
ACCATAAATACTTGACTACCTGTAGTACATAAAAAACCAATCCACATCAAACACCCCTCCCCATGCTTACAAGCAAGTACAGCA
ATCAACCTTCAACTATCACACATCAACTGCAACTCCAAAGCCACCCCTCACCCACTAGGATACCAACAAACCTACCCACCCCTTA
ACAGTACATAGTACATAAAGCCATTACCGTACATAGCACATTACAGTCAAATCCCTTCTCGTCCCCATGGATGACCCCCCTCA

>LAO321

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATTTCTGTACATTACTGCCAGCCACCATGAATATTGTACGGT
ACCATAAATACTTGACCACCTGTAGTACATAAAAAACCAATCCACATCACCCCCCCCCCCCCATGcTTATAAGCAAGtACAACAA
CCAACCCCTCAACTATCACACATcAACTGcAAcTCCAAAgCCaCCCCTCACCCaTTaGGaTACCAACAAACCTACCTACCCCTTAACA
GtACATAGtACATAAAGCCaTTTaCCGtACATAGCACAATTaCaGTcAAATCCCTTcTCGTcCCCaTGgATGACCCCCCTCA

>LAO322

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATTTCTGTACATTACTGCCAGCCACCATGAATATTGTACAGT
ACCATAAATACTTGACCACCTGTAGTACATAAAAAACCAATCCACATCAAACACCCCTCCCCATGCTTACAAGCAAGTACAGCA
ATCAACCTTCAACTATCACACATCAACIGCAACTCCAAAGCCACCCCTCACCCACTAGGATACCAACAAACCTACCCACCCCTTAA
CAGTACATAGTACATAAAGCCATTACCGTACATAGCACATTACAGTCAAATCCCTTCTCGCCCCCaTGATGACCCCCCTCA

>LAO323

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATCTCGTACATTACTGCCAGCCACCATGAATATCGTACGGT
ACCATAAATACTTGACTACCTGTAGTACATAAAAAACCAATCCACATCAAACACCCCTCCCCATGCTTACAAGCAAGTACAGCA
ATCAACCTTCAACTATCACACATCAACTGCAACTCCAAAGCCACCCCTCACCCACTAGGATACCAACAAACCTACCCACCCCTTA
ACAGTACATAGTACATAAAGCCATTACCGTACATAGCACATTACAGTCAAATCCCTTCTCGTCCCCATGGATGACCCCCCTCA

>LAO324

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATCTCGTACATTACTGCCAGCCACCATGAATATCGTACGGT
ACCATAAATACTTGACTACCTGTAGTACATAAAAAACCAATCCACATCAAACACCCCTCCCCATGCTTACAAGCAAGTACAGCA
ATCAACCTTCAACTATCACACATCAACIGCAACTCCAAAGCCACCCCTCACCCACTAGGATACCAACAAACCTACCCACCCCTTAA
CAGTACATAGTACATAAAGCCATTACCGTACATAGCACATTACAGTCAAATCCCTTCTCGTCCCCATGGATgACCCCCCTCA

>LAO325

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATCTCGTACATTACTGCCAGCCACCATGAATATCGTACGGT
 ACCATAAATACTTGACTACCTGTAGTACATAAAAAACCAATCCACATCAAAACCCCCTCCCCATGCTTACAAGCAAGTACAGCA
 ATCAACCTTCAACTATCACACATCAACTGCAACTCCAAAGCCACCCCTCACCCACTAGGATACCAACAAACCTACCCACCCCTTA
 ACAGTACATAGTACATAAAGCCATTTACCGTACATAGCACaTTACAGTCAAATCCCTTCTCGTCCCCATGGATGACCCCCCTCA
 >LAO326

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATCTCGTACATTACTGCCAGCCACCATGAATATCGTACGGT
 ACCATAAATACTTGACTACCTGTAGTACATAAAAAACCAATCCACATCAAAACCCCCTCCCCATGCTTACAAGCAAGTACAGCA
 ATCAACCTTCAACTATCACACATCAACTGCAACTCCAAAGCCACCCCTCACCCACTAGGATACCAACAAACCTACCCACCCCTTA
 ACAGTACATAGTACATAAAGCCATTTACCGTACATAGCACATTACAGTCAAATCCCTTCTCGTCCCCATGGATGACCCCCCTCA
 >LAO327

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATTTCTGTACATTACTGCCAGCCACCATGAATATTGTACAGT
 ACCATAAATACTTGACCACCTGTAGTACATAAAAAACCAATCCACaTCAAAACCCCCTCCCCATGCTTACAAGCAAGTACAGCA
 ATCAACCTTCAACTATCACACATCAACIGCAACTCCAAAGCCACCCCTCACCCACTAGGATACCAACAAACCTACCCACCCCTTAA
 CAGTACATAGTACATAAAGCCATTTACCGTACATAGCACaTTACAGTCAAATCCCTTCTCGCCCCATGGATGACCCCCCTCA
 >LAO328

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATTTCTGTACATTACTGCTAGCCACCATGAATATTGTACAGTA
 CCATAAATACTTGACCACCTGTAGTACATGAAAAACCAACCCACATCAAAACCCCCCCCCCaTGcTTAcAAgcAAGtAcaGCAATC
 AACCCCTCAACTATCACACATCAACTgCAACTCCAAAGCCACCCCTCACCCACTaGGATACCAACAAACCTaCCCACCCCTTAACA
 GCACATAGtACATAAAGCCaTTTaCCGtACATAGCaCaTTACaGtCaAAATCCCTTcTcGTCCCCatGGatGACCCCCCTcA
 >LAO329

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATTTCTGTACATTACTGCCAGCCACCATGAATATTGTACAGT
 ACCATAAATACTTGACCACCTGTAGTACATAAAAAACCAATCCACATCAAAACCCCCTCCTCATGCTTACAAGCAAGTACAGCA
 ATCAACCTTCAACTATCACACATCAACIGCAACTCCAAAGCCACCCCTCACCCACTAGGATACCAACAAACCTACCCACCCCTTA
 ACAGTACATAGTACATAAAGCCATTTACCGTACATAGCACATTACAGTCAAATCCCTTCTCGTCCCCATGGATGACCCCCCTCA
 >LAO330

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATTTCTGTACATTACTGCCAGCCACCATGAATATTGTACGGT
 ACCATAAACAACCTTGACCACCTGTAGTACATAAAAAACCAATCCACATCAAAACCCCCCCCCCaTGcTTAcAAGcAAgTACAGCAAT
 CAACCCTCAACTATCACACATcAACTGCAACTCCAAAGCCACCCCTCAACCACTAGGATACCAACAAACCTACCCaCCCTTAAC
 AGTACATAGtGCATAAAGCCaTTTACCGtACATAGCACATTACAGTcAAATcCCTTcTcGTCCCCatGGatGACCCCCCTcA
 >LAO331

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATTTCTGTACATTACTGCCAGCCACCATGAATATTGTACAGT
 ACCATAAACAACCTTGACCACCTGTAGTACATAAAAAACCAATCCACATCAAAACCCCCCCCCCaTGcTTAcAAGcAAGTAcAaGCAAT
 CAACCCTCAACTATCACACATCAACTGcAACTCCAAAGCCACCCCTCAACCACCAGGATACCAACAAACCTACCCACCcTTAAC
 AGTACATAGtACATAAAGCCaTTTACCGtACATAGCACATTACAGTCAAATCCCTTcTCGTCCCCatGGatGACCCCCCTCA
 >LAO332

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATTTCTGTACATTACTGCTAGCCACCATGAATATTGTACAGTA
 CCATAAATACTTGACCACCTGTAGTACATGAAAAACCAACCCACATCAAAACCCCCTCCCCATGCTTACAAGCAAGTACAGCAA
 TCAACCCTCAACTATCACACATCAACTGCAACTCCAAAGTCACCCCTCACCCACTAGGATACCAACAAACCTACCCACCCCTTAA
 CAGCACATAGTACATAAAGCCATTTACCGTACATAGCACATTACAGTCAAATCCCTTCTCGTCCCCATGGATGACCCCCCTCA
 >LAO333

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATTTCTGTACATTACTGCCAGCCACCATGAATATTGTACAGT
 ACCATAAATACTTGACCACCTGTAGTACATAAAAAACCAATCCACATCAAAACCCCCCCCCCaTGcTTACAAGcAaGTAcAaGcAaT

CAACCTTCAACTATCACACATCAACTGCAACTCCAAAGCCACCCCTCACCCACTAGGATACCAACAAACCTACCCACCCCTAAC
AGTACATAGTACATAAAGCCaTTTaCCGtACATAGCACATTACAGTcAAATcCCTTcTcGTCCCaTGgAtGACCCCCCTcA

>LAO334

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATTTCTGACATTACTGCCAGCCACCATGAATATTGTACAGT
ACCATAAATACTTGACCACCTGTAGTACATAAAAAACCAACCCACATCAAAACCCCTCCCCATGCTTACAAGCAAGTACAGCA
ATCAACCCTCAACTATCACACATCAACTGCAACTCCAAAGCCACCCCTCACCCACTAGGATACCAACAAACCTACCCACCCCTTA
ACAGCACATAGTACATAAAGCCaTTTACCGTACATAGCACATTACAGTCAAATCCCTTCTCGTCCCCATGGATGACCCCCCTCA

>LAO335

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATTTCTGACATTACTGCTAGCCACCATGAATATTGTACAGTA
CCATAAATACTTGACCACCTGTAGTACATGAAAAACCAACCCACATCAAAACCCCTCCCCATGCTTACAAGCAAGTACAGCAA
TCAACCTCAACTATCACACATCAACTGCAACTCCAAAGTCACCCCTCACCCACTAGGATACCAACAAACCTACCCACCCCTTAA
CAGCACATAGTACATAAAGCCATTaACCGTACATAGCACATTACAGTCAAATCCCTTCTCGTCCCCATGGATgACCCCCCTCA

>LAO336

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATTTCTGACATTACTGCCAGCCACCATGAATATTGTACGGT
ACCATAAATACTTGATCACCTGTAGTACATAAAAAACCAATCCACATCAAAACCCCCCCCCATGcTTACAAGCAAGTACAGCAA
CCAACCTCAACTATCACGCATCAACTGcAACTCCAAAGCCACCCCTCACCCACTAGGaTACCAACAAACCTACCCACCCCTTAA
CAGTACATAGTACATAAAGCCATTaACCGTACATAGCACATTACAGTCAAATCCCTTcTcGTcCCCaTGGaTGAcCCCCCTCA

>LAO337

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATTTCTGACATTACTGCTAGCCACCATGAATATTGTACAGTA
CCATAAATACTTGACCACCTGTAGTACATGAAAAACCAACCCACATCAAAACCCCTCCCCATGCTTACAAGCAAGTACAGCAaT
CAACCTCAACTATCACACaTCAACtGCAAcTCCAAAGTCaCCCCCTCACCCACTAGgATACCAACAAACCTACCCACCCCTTAA
GCACaTAGTACaTAAaGCCaTTTACCGTACATAGCACaTTACAGTCAAaTCCCTTCTCGTCCCCATGGATGACCCCCCTCA

>LAO338

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCCATGTATTTCTGACATTACTGCCAGCCACCATGAATATTGTACAGT
ACCATAAATACTTGACCACCTGTAGTACATAAAAAACCAATCCACATCAAAACCCCTCCCCATGCTTACAAGCAAGCACAGCA
ATCAACCTTCAACTATCACACATCAACTGCAACTCCAAAGCCACCCCTCACCCACtGGGATACCAACAAACCTACCCACCCCTTA
ACAGTACATAGTACATAAAGCCATTaACCGTACATAGCACATTACAGTCAAATCCCTTCTCGCCCCCATGGATGACCCCCCTCA

>LAO339

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATTTCTGACATTACTGCCAGCCACCATGAATATTGTACAGT
ACCATAAATACTTGACCACCTGTAGTACATAAAAAACCAACCCACATCAAAACCCCTCCCCATGCTTACAAGCAAGTACAGCA
ATCAACCTCAACTATCACACATCAACtGCAACTCCAAAGCCACCCCTCACCCACTAGGATACCAACAAACCTACCCACCCCTTA
ACAGCACATAGTACATAAAGCCATTaACCGTACATAGCACATTACAGTCAAATCCCTTCTCGTCCCCATGGATGACCCCCCTCA

>LAO340

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATTTCTGACATTACTGCCAGCCACCATGAATATTGTACAGT
ACCATAAATACTTGACCACCTGTAGTACATAAAAAACCAATCCACATCAAAACCCCTCCCCATGCTTACAAGCAAGTACAGCA
ATCAACCTCAACTATCACACATCAACtGCAACTCCAAAGTCACCCCTCACCCACTAGGATACCAACAAACCTACCCACCCCTTA
CAGGACATAGTACATAAAGCCATTaACCGTACATAGCACATTACAGTCAAATCCCTCCTCGTCCCCATGGATGACCCCCCTCA

>LAO341

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATTTCTGACATTACTGCCAGCCACCATGAATATTGTACAGT
ACCATAAATACTTGACCACCTGTAGTACATAAAAAACCAACCCACATCAAAACCCCTCCCCATGCTTACAAGCAAGTACAGCA
ATCAACCTTCAACTATCACACATCAACTGCAACTCCAAAGCCACCCCTCACCCACTAGGATACCAACAAACCTATCCACCCCTTA
ACAGTGCATAGTACATAAAGCCaTTCACCGTACATAGCACATTACAGTCAAATCTCTTCTCGTCCCCATGGATGACCCCCCTCA

>LAO342

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATTTGCTACATTACTGCCAGCCACCATGAATATTGTACAGT
 ACCATAAATACTTGACCACCTGTAGTACATAAAAAACCAATCCACATCAAAACCCCTCCCATGCTTACAAGCAAGTACAGCA
 ATCAACCTTCAACTATCACACATCAACIGCAACTCCAAAGTCACCCCTCACCCACTAGGATACCAACAAACCTACCCACCCCTTA
 CAGTACATAGTACATAAAGCCATTACCGTACATAGCACATTACAGTCAAATCCCTTCTCGTCCCCATGGATGACCCCCCTCA
 >LAO343

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATTTGCTACATTACTGCCAGCCACCATGAATATTGTACGGT
 ACCATAAATACTTAACCACCTGTAGTACATAAAAAACCAATCCACATCAGAACCCCTCCCTCATGCTTACAAGCAAGTACAGCA
 ATCAACCTTCAACTATCACACATCAACTGCAACTCCAAAGCCACCCCTCACCCACTAGGATACCAACAAACCTACTCACCCCTTA
 ACAGCACATAGTACATAAAGCCATTACCGTACATAGCACATTACAGTCAAATCCCTTCTCGTCCCCATGGATGACCCCCCTCA
 >LAO344

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATTTGCTACATTACTGCCAGCCACCATGAATATTGTACGGT
 ACCATAAACACTTGACCACCTGTAGTACATAAAAAACCAATCCACATCAACCCCCCCCCCATGCTTaCAAGcAAGTACAGCA
 ATCAACCTTCAACTATCATAcAACTGCAAcTCCAAAgCCACCCCTCAACCacTAGGaTACCAACAAACCTACCCaCCCTTAAC
 AGtACATAGtACATAAAGCCaTTTaCCGtACATAGCACATTACAGTcAAATCCCTTcTCGTcCCCAtGGAtGAcCCCCCTcA
 >LAO346

GGTGCCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATTTGCTACATTACTGCCAGCCACCATGAATATTGTACGGT
 ACCATAAATACTTGACCACCTGTAGTACATAAAAAACCAATCCACATCAAAACCCCTCCCATGCTTACAAGCAAGTACAGCA
 ATCAACCTTCAACTATCACACATCAACTGCAACTCCAAGGCCACCCCTTACCCACTAGGATACCAACAAACCTACCCACCCCTTA
 ACAGTACATAGTACATAAAGCCATTACCGTACATAGCACATTACAGTCAAATCCCTTCTCGCCCCATGGATGACCCCCCTCA

3. ลำดับเบสของประชากรชาวไทยอีสาน จากจังหวัดชัยภูมิ

>LAO401
 GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTACTTCGTACATTACTGCCAGCCACCATGAATATTGTACGGT
 ACCATAAACACTTGACCACCTGTAGTACATAAAAAACCAATCCACATCAACCCCCCCCCCATGCTTAcAAgCAAGTACAGCA
 ATCAACCTTCAACTATcACACATCAACTGCAACTCCAAAGCCACCCCTCAACCCTAGGATACCAACAAACCTACCCACCCCTTA
 ACAGtACATAGtACATAAAGCCaTTTaCCGtACATAGCACATTACAGTCAAATCCCTTcTcGTCCCCatGGAtGAcCCCCctCA
 >LAO404

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATTTGCTACATTACTGCCAGCCACCATGAATATTGTACGGT
 ACCATAAATACTTGACCACCTGTAGTACATAAAAAACCAATCCACATCAAAACCCCTCCCATGCTTACAAGCAAGTACAGCA
 ATCAACCTTCAACTATCACACATCAACTGCAACTCCAAAGCCACCCCTCACCCACTAGGATACCAACAAACCTACCCACCCCTTA
 ACAGTACATAGCACATAAAGCCATTACCGTACATAGCACATTACAGTCAAATCCCTTCTCGTCCCCATGGATGACCCCCCTca
 >LAO405

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATTTGCTACATTACTGCCAGCCACCATGAATATTGTACAGT
 ACCATAAATACTTGACCACCTGTAGTACATGAAAACCAACCCACATCAAAACCCCTCCCATGCTTACAAGCAAGTACAGCA
 ATCAACCTTCAACTATCACACATCAACTGCAACTCCAAAGCCACCCCTCACCCACTAGGATACCAACAAACCTACCCACCCCTTA
 ACAGCACATAGTACATAAAGCCATTACCGTACATAGCACATTACAGTCAAATCCCTTCTCGTCCCCATGGATGACCCCCCTCA
 >LAO406

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATTTGCTACATTACTGCCAGCCACCATGAATATTGTACGGT
 ACCATAAATACTTGACCACCTGTAGTACATAAAAAACCGATCCACATCAAAATCCCCTCCCATGCTTACAAGCAAGTACAGCA
 ATCAACCTTCAACTATCACACATCAACTGCAACTCCAAAGCCACCCCTCACCCACCAGGATACCAACAAACCTACCCACCCCTTA
 ACAGTACATAGTACATAAAGCCATTACCGTACATAGCACATTACAGTCAAATCCCTTCTCGTCCCCATGGATGACCCCCCTCA

>LAO407

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATTTGTACATTACTGCCAGCCACCATGAATATTGTACGGT
 ACCATAAATACTTGACCACCTGTAGTACATAAAAAACCCAATCCACATCAAAACCCCCTCCCCATGCTTACAAGCAAGTACAGCA
 ATCAACCTTCAACTATCACACATCAACTGCAACTCCAAAGCCACCCCTCACCCACTAGGATACCAACAAACCTACCCACCCCTTA
 ACAGTACATAGCACATAAAGCCATTTACCGTACATAGCACATTACAGTCAAATCCCTTCTCGCCCCCATGGATGACCCCCCTCA

>LAO408

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCCATGTATTTGTACATTACTGCCAGCCACCATGAATATTGTACAGT
 ACCATAAATACTTGACCACCTGTAGTACATAAAAAACCCAATCCACATCAAAACCCCCTCCTCATGCTTACAAGCAAGTACAGCA
 ATCAACCTTCAACTATCACACATCAACTGCAACTCCAAAGCCACCCCTCACCCACTAGGATACCAACAAACCTACCCACCCCTA
 ACAGTACATAGTACATAAAGCCATTTACCGTACATAGCACATTACAGTCAAATCCCTTCTCGTCCCCATGGATGACCCCCCTCA

>LAO409

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATTTGTACATTACTGCTAGCCACCATGAATATTGTACAGTA
 CCATAAATACTTGACCACCTGTAGTACATGAAAAACCAACCCACATCAAAACCCCCTCCCCATGCTTACAAGCAAGTACAGCAA
 TCAACCTTCAACTATCACACATCAACiGCAACTCCAAAGCCACCCCTCACCCACTAGGATACCAACAAACCTACCCACCCCTTAA
 CAGCACATAGTACATAAAGCCATTTACCGTACATAGCACATTACAGTCAAATCCCTTCTCGTCCCCATGGATGACCCCCCTCA

>LAO410

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATTTGTACATTACTGCCAGCCACCATGAATATTGTACGGT
 ACCATAAATACTTGACCACCTGTAGTACATAAAAAACCCAATCCACATCAAAACCCCCTCCCCATGCTTACAAGCAAGTACAGCA
 ATCAACCTTCAACTATCACACATCAACiGCAACTCCAAAGCCACCCCTCACCCACTAGGATACCAACAAACCTACCCACCCCTTAA
 CAGTACATAGCACATAAAGCCATTTACCGTACATAGCACATTACAGTCAAATCCCTTCTCGCCCCCATGGATGACCCCCCTCA

>LAO411

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATTTGTACATTACTGCCAGCCACCATGAATATTGTACGGT
 ACCATAAATACTTGACCACCTGTAGTACATAAAAAACCCAATCCACATCAAAACCCCCTCCCCATGCTTACAAGCAAGTACAGCA
 ATCAACCTTCAACTATCACACATCAACTGCAACTCCAAAGCCACCCCTCACCCACTAGGATACCAACAAACCTACCCACCCCTCA
 ACAGTACATAGTACATAAAGCCATTTATCGTACATAGCACATTACAGTCAAATCCCTTCTCGTCCCCATGGATGACCCCCCTCA

>LAO412

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATTTGTACATTACTGCCAGCCACCATGAATATTGTACGGT
 ACCATAAATACTTGACCACCTGTAGTACATAAAAAACCCAATCCACATCAAAACCCCCTCCCCATGCTTACAAGCAAGTACAGCA
 ATCAACCTTCAACTATCACACATCAACiGCAACTCCAAAGCCACCCCTCACCCACTAGGATACCAACAAACCTACCCACCCCTCA
 ACAGTACATAGTACATAAAGCCATTTATCGTACATAGCACATTACAGTCAAATCCCTTCTCGTCCCCATGGATGACCCCCCTCA

>LAO413

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCCaTGTATTTGTACATTACTGCCAGCCACCATGAATATTGTACAGT
 ACCATAAATACTTGACCACCTGTAGTACATAAAAAACCCAATCCACATCAAAACCCCcTCTCATGCTTACAAGCAaGTACAGCAA
 TCAACCTTCAACTATCACACaTCAACTGCAACTCCAAAGCCACCCCTCACCCACTAGGATACCAACAAACCTACCCACCCCTAA
 CAGTACATAGTACATAAAGCCATTTACCGTACATAGCACaTTACAGTCAAATCCCTTCTCGTCCCCATGGATGACCCCCCTCA

>LAO414

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATCTCGTACATTACTGCCAGCCACCATGAATATTGTACGGT
 ACCATAAATACTTGACCACCTGTAGTACATAAAAAACCCAACCCACATCAAAACCCCCTCCCCATGCTTACAAGCAAGTACAGCA
 ATCAACCTTCAACTATCACACATCAACTGCAACTCCAAAGCCACCCCTCACCCACTAGGATACCAACAAACCTACCCACCCCTCA
 ACAGTACATAGTACATAAAGCCATTTATCGTACATAGCACATTACAGTCAAATCCCTTCTCGTCCCCATGGATGACCCCCCTCA

>LAO415

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCCATGTATTTGTACATTACTGCCAGCCACCATGAATATTGTACAGT
 ACCATAAATACTTGACCACCTGTAGTACATAAAAAACCCAATCCACATCAAAACCCCCTCCTCATGCTTACAAGCAAGTACAGCA

ATCAACCTTCAACTATCACACATCAACTGCAACTCCAAAGCCACCCCTCACCCTAGGATACCAACAAACCTACCCACCCCTA
ACAGTACATAGTACATAAAGCCATTTACCGTACATAGCACATTACAGTCAAATCCCTTCTCGTCCCCATGGATGACCCCCCTCA
>LAO416

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATTTCTGACATTACTGCCAGCCACCATGAATATTGTACGGT
ACCATAAATACTTGACCACCTGTAGTACATAAAAAACCAATCCACATCAACCCCCCCCCCATGCTTACAAGCAAGTACAGCA
ACCAACCCTCAACTATcACACATCGACTGCAACTCCAAAGCCACCTCTCACCCTAGGATACCAACAAACCTACCCACCcTTA
ACAGTACATAGTACATAAAGCCaTTTaCCGtACATAGCACATTACAGTCAAATCCCTTcTCGTCCCCatGGatGACCCCCCTCA
>LAO417

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATTTCTGACATTACTGCCAGCCACCATGAATATTGTACGGT
ACCATAAATACTTGACCACCTGTAGTACATAAAAAACCAATCCACATCAAAACCCCTCCCCATGCTTACAAGCAAGTACAACA
ATCAACCCTCAACTATCACACATCAACTGCAACTCCAAAGCCACCCCTCACCCTAGGATACCAACAAACCTACCCACCCCTTA
ACAGTACATAGTACATAAAGCCATTTACCGTACATAGCACATTACAGTCAAATCCCTTCTCGCCCCCATGGATgACCCCCCTCA
>LAO418

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATTTCTGACATTACTGCCAGCCACCATGAATATTGTACGGT
ACCATAAATACTTGACCACCTGTAGTACATAAAaACCCAACCCACATCAACCCCCCCCCCATGcTTAcAAGcAAGTAcAGcAAT
CAACCTTCAACTATCACACATCAACTGCAACTCCAAAGCCACCCCTCaTCCACTAGGATACCAACAAACCTACCCACCCCTTAACA
GTACATaGTACATAAAGCCaTTTaCCGtACATAGCACATTACAGTCAAATCCCTTcTCGcCCCCAtGGatGACCCCCCTcA
>LAO402

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATTTCTGACATTACTGCCAGCCACCATGAATATTGTACAGT
ACCATAAATACTTGACCACCTGTAGTACATAAAAAACCAACCCACATCAAAACCCCTCCCCATGCTTACAAGCAAGTACAGCA
ATCAACCCTCAACTATCACACATCAACtGCAACTCCAAAGCCACCCCTCACCCTAGGATACCAACAAACCTACCCATCCCTAA
CAGCACATAGTACATAAAGCCATTTACCGTACATAGCACATTACAGTCAAATCCCTTCTCGTCCCCATGGATGACCCCCCTCA
>LAO419

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATTTCTGACATTACTGCCAGCCACCATGAATATTGTACGGT
ACCATAAATACTTGACCACCTGTAGTACATAAAAAACCAATCCACATCAAAACCCCTCCCCATGCTTACAAGCAAGTACAGCA
ATCAACCTTCAACTATCACACATCAACtGCAACTCCAAAGCCACCCCTCACCCTAGGATACCAACAAACCTACCCACCCCTTAA
CAGTACATAGCACATAAAGCCATTTACCGTACATAGCACATTACAGTCAAATCCCTTCTCGTCCCCATGGATGACCCCCCTCA
>LAO420

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATTTCTTACATTACTGCCAGCCACCATGAATATTGTACGGT
ACCATAAATACTTGACCACCTGTAGTACATAAAAAACCGATCCACATCAAAATCCCCTCCCAtgcttacAagCAAgTACAGcAaTCA
ACcTTCAAcTATCACACATCAACTGCAACTCCAAAGCCACCCCTCaCCCACCaGGATACCAACAaAcTACCCAcCcTTAaCAGTAC
AtAGTACaTAAAGCCaTTTACCGTACATAGCacaTTACAGtCAAATCCCTTCTCGTCCCCATGGATGACCCCCcTCA
>LAO421

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATTTCTGACATTACTGCTAGCCACCATGAATATTGTACAGTA
CCATAAATACTTGACCACCTGTAGTACATGAAAACCCAACCCACATCAAAACCCCTCCCCATGCTTACAAGCAAGTACAGCAA
TCAACCCTCAACTATCACACATCAACTGCAACTCCAAAGCCACCCCTCACCCTAGGATACCAACAAACCTACCCACCCCTTAA
CAGCACATAGTACATAAAGCCATTTACCGTACATAGCACATTACAGTCAAATCCCTTCTCGTCCCCATGGATGACCCCCCTCA
>LAO422

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATTTCTGACATTACTGCCAGCCACCATGAATATTGTACGGT
ACCATAAATACTTGACCACCTGTAGTACATAAAAAACCAATCCACATCACCCCCCCCCCATGcTTAcAAGcAAGTAcAgcAAC
CaACCCTCAACTaTCAcAcATcAAcTcGcAACTCCAAAGCCACCCCTCACCCTAGGATACCAACAAAcCTACCTACCCCTTAACAGt
ACATAGTACATAAAGCCaTTTaCCGTACATAGCACATTaCAGTCAAAtCCCTTcTCgTCCCCatGGatGAcCCCCCTcA
>LAO423

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATTTGTACATTACTGCCAGCCACCATGAATATTGTACGGT
 ACCATAAATACTTGACCACCTGTAGTACATAAAAAACCAACCCACATCAAAACCCCTCCCCATGCTTACAAGCAAGTACAGCA
 ATCAACCTTCAACTATCACACATCAACTGCAACTCCAAAGCCACCCCTCACCCACTAGGATACCAACAAACCTACTCACCCCTTA
 ACAGTACATAGCACATAAAGCCATTACCGTACATAGCACATTACAGTCAAATCCCTTCTCGTCCCCATGGATgACCCCCCTCA
 >LAO425

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCCATGTATTTGTACATTACTGCCAGCCACCATGAATATTGTACAGT
 ACCATAAATACTTGACCACCTGTAGTACATAAAAAACCAATCCACATCAAAACCCCTCCTCATGCTTACAAGCAAGTACAGCA
 ATCAACCTTCAACTATCACACATCAACTGCAACTCCAAAGCCACCCCTCACCCACTAGGATACCAACAAACCTACCCACCCCTA
 ACAGTACATAGTACATAAAGCCATTACCGTACATAGCACATTACAGTCAAATCCCTTCTCGTCCCCATGGATgACCCCCCTCA
 >LAO426

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATTTGTACATTACTGCCAGCCACCATGAATATTGTACGGT
 ACCATAAATACTTGACCACCTGTAGTACATAAAAAACCAATCCACATCACCCCCCCCCCCCCCatGcTTACAAGcAAgtACAACAAC
 CAACCCTCAACTATCACACATcAACTGCAAcTCCAAAgCCACCTCTCACCCACTAGGATACCAACAAACCTACCTaCCCTTaACa
 GTACATAGTACATAAAGCCCTTTaCCGtACATAGCACATTACAGTCAAATCCCTTCTCGTCCCCatGGaTGACCCCCCTCA
 >LAO428

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTaTGATTTGTACATTACTGCCAGCCACCATGAATATTGTACAGTA
 CCATAAATACTTGACCACCTGTAGTACATAAAAAACCAATCCACATCAAAACCCCTCCTCAGCTTACAAGCAAGTACAGCAA
 TCAACCTTCAACTATCACACATCAACtGCAACTCCAAAGCCACCCCTCACCCACTAGGATACCAACAAACCTaCCCACCCCTAAC
 AGTACATAGTACATAAAGCCATTACCGTACATAGCACAaTTACAGTCAAATCCCTTCTCGTCCCCATGGATGACCCCCCTCA
 >LAO429

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATTTGTACATTACTGCCAGCCACCATGAATATTGTACAGT
 ACCATAAATACTTGACCACCTGTAGTACATAAAAAACCAATCCACATCAAAACCCCTCCTCATGCTTACAAGCAAGTACAGCA
 ATCAACCTTCAACTATCACACATCAACTGCAACTCCAAAGCCACCCCTCACCCACTAGGATACCAACAAACCTACCCACCCCTA
 ACAGTACATAGTACATAAAGCCATTACCGTACATAGCACATTACAGTCAAATCCCTTCTCGTCCCCATGGATGACCCCCCTCA
 >LAO403

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATTTGTACATTACTGCCAGCCACCATGAATATTGTACGGT
 ACCATAAATACTTGACCACCTGTAGTACATAAAAAACCAATCCACATCAACCCCCCCCCCCCCCatGcTTAcAAGCAAGTAcAGcAAAt
 CAACCCTCAAcTaTcAcACATCGACTGCAACTCCAAAGCCACCTCTCACCCACTAGGATACCAACAAACCTACCCACCCCTTAACA
 GTACATAGTACATAAAGCCaTTTaCCGtACATAGCACAaTTACAGTCAAATCCCTTcTcGTCCCCatGGaTGACCCCCCTCA
 >LAO432

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTatgTATTTGTACATTACTGCCAGCCACCATGAATATTGTACGGTA
 CCATAAACACTTGACCACCTGTAGTACATAAAAAACCAATCCACATCAACCCCCCCCCCCCCCaTGcTTaCAAGCAAGTACAgcAATc
 AACCCTCAAcTATCACACATCAACTGcAAcTCCAAAGCCACCCCTCAACCACaTAGGaTAcCAACAAACCTACCCaCCCTTAACAGT
 ACATAGTACAtAAAGCCaTTTaCCGTACATAGCACAaTTACAGTcAAATCCCTTCTCGTCCCCatGGaTGACCCCCCTCA
 >LAO435

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATTTGTACATTACTGCCAGCCACCATGAATATTGTACGGT
 ACCATAAATACTTGACCACCTGTAGTACATAAAAAACCAATCCACATCAACCCCCCCCCCCCCCATGCTTACAAGCAAGTACAGCA
 ACCAACCCCTCAACTATCACACATCAACTGcAACTCCAAAGCCACCTcTCACCCACTAGGATACCAACAAACCTACCCaCCCTTAA
 CAGTACATAGTACATAAAGCCaTTTaCCGtACATAGCACATTACAGTCAAATCCCTTcTCGTcCCCCatGGaTGACCCCCCTCA
 >LAO439

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATTTGTACATTACTGCCAGCCACCATGAATATTGTACAGT
 ACCATAAATACTTGACCACCTGTAGTACATAAAAAACCAATCCACATCAAAACCCCCCCCCCCCatGcTTAcAAGcAAGTAcAGcAATC

AACCTTCAACTATCACACATCAACTGCAATTCCAAAGCCACCCCTCACCCACTAGGATACCAACAAACCTACCCaCCCCCTAACa
GtACATAGtACATAAAGCCaTTTaCCGtACATAGCACaTTACaGTCAAATCCCTTcTcGTcCCCatGGatGaCCCCCTCA

>LAO441

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATTTCTGACATTACTGCCAGCCACCATGAATATTGTACGGT
ACCATAAATACTTGACCACCTGTAGTACATAAAAAACCAATCCACATCAAAACCCCTCCCCATGCTTACAAGCAAGTACAGCA
ATCAACCTTCAACTATCACACATCAACTGCAACTCCAAAGCCACCCCTCACCCACTAGGATACCAACAAACCTACCCACCCCTCA
ACAGTACATAGTACATAAAGCCATTTATCGTACATAGCACATTACAGTCAAATCCCTTCTCGTCCCCATGGATGACCCCCCTCA

>LAO442

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATTTCTGACATTACTGCCAGCCACCATGAATATTGTACAGT
ACCATAAATACTTGACCACCTGTAGTACATAAAAAACCAATCCACATCAAAACCCCTCCTCaCGCTTaCaaGCAAGTACAgcAAtC
AaCctTCaaCTATcACACAtcAAcTGCAACTCCAAAGCCACCCCTCACCCACTAGGAiACCAACAAACCTACCCACCCCTAACAGTA
CATAGTACATAAAGCCATTTACCGTACATAGCACATTACAGTCAAATCCCTTCTCGTCCCCATGGATGACCCCCCTCA

>LAO443

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTATTTCTGACATTACTGCCAGCCACCATGAATATTGTACGGT
ACCATAAATACTTGACCACCTGTAGTACATAAAAAACCAATCCACATCAAAACTCCCTCCCCATGCTTACAAGCAAGTACAGCA
ATCAACCTTCAACTATCACACATCAACTGCAACTCCAAAGCCACTCCTCACCCACTAGGATACCAACAAACCTACCCACCCCTCA
ACAGTACATAGTACATAAAGCCATTTACCGTACATAGCACATTACAGTCAAATCCCTTCTCGTCCCCAtGGATGACCCCCCTCA

>LAO444

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCCATGTATTTCTGACATTACTGCCAGCCACCATGAATATTGTACAGT
ACCATAAATACTTGACCACCTGTAGTACATAAAAAACCAATCCACATCAAAACCCCTCCTCATGCTTACAAGCAAGTACAGCA
ATCAACCTTCAACTATCACACATCAACiGCAACTCCAAAGCCACCCCTCACCCACTAGGATACCAACAAACCTACCCACCCCTA
ACAGTACATAGTACATAAAGCCATTTACCGTACATAGCACATTACAGTCAAATCCCTTCTCGTCCCCAtGGATGACCCCCCTCA

>LAO445

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTACTTCTGACATTACTGCCAGCCACCATGAATATTGTACGGT
ACCATAAACACTTGACCACCTGTAGTACATAAAAAACCAATCCACATCAAAACCCCCCCCCCATGCTiACAAGCAAGiACAGCAA
TCAACCCTCAACTATCACACATCAACTGCAACTCCAAAGCCACCCCTCAACCACTAGGATACCAACAAACCTACCCACCCCTTAA
CAGTACATAGTACATAAAGCCaTTTACCGTACATAGCACATTACAGTcAAATCCCTTcTcGTCCCCAtGGatGACCCCCCTCA

>LAO446

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCCATGTATTTCTGACATTACTGCCAGCCACCATGAATATTGTACAGT
ACCATAAATACTTGACCACCTGTAGTACATAAAAAACCAATCCACATCAAAACCCCTCCTCATGCTTACAAGCAAGTACAGCA
ATCAACCTTCAACTATCACACATCAACTGCAACTCCAAAGCCACCCCTCACCCACTAGGATACCAACAAACCTACCCACCCCTA
ACAGTACATAGTACATAAAGCCATTTACCGTACATAGCACATTACAGTCAAATCCCTTCTCGTCCCCATGGATGACCCCCCTCA

>LAO447

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTAATTCGTACATTACTGCCAGCCACCATGAATATTGTACGGT
ACCATAAATACTTGACCACCTGTAGTACATAAAAAACCAATCCACATCAAAACCCCTCCCCATGCTTACAAGCAAGTACAGCA
ATCAACCCTCAACTATCACACATCAACTGCAACTCCAAAGCCACCCCTCACCCACTAGGATACCAACAAACCTACTCACCCCTTA
ACAGCACATAGTACATAAAGCCATTTACCGTACATAGCACATTACAGTCAAATCCCTTCTCGTCCCCATGGATGACCCCCCTCA

>LAO450

GGTACCACCCAAGTATTGACTCACCCATCAACAACCGCTATGTACTTCTGACATTACTGCCAGCCACCATGAATATTGTACGGT
ACCATAAACACTTGACCACCTGTAGTACATAAAAAACCAATCCACATCAACCCCCCCCCCCCCatGcTTAcAAGcAAGTACAGCAAT
CAACCCTCAACTATCACACATCAACTGCAAcTCCAAAGCCACCCCTcAACCACTaGGaTACCAACAAACCTACCCACCCCTTAACA
GtACATAGTACATAAAGCCaTTTaCCGtACATAGCACATTACAGTCAAATcCCTTcTcGTCCCatGGatGACCCCCCTcA