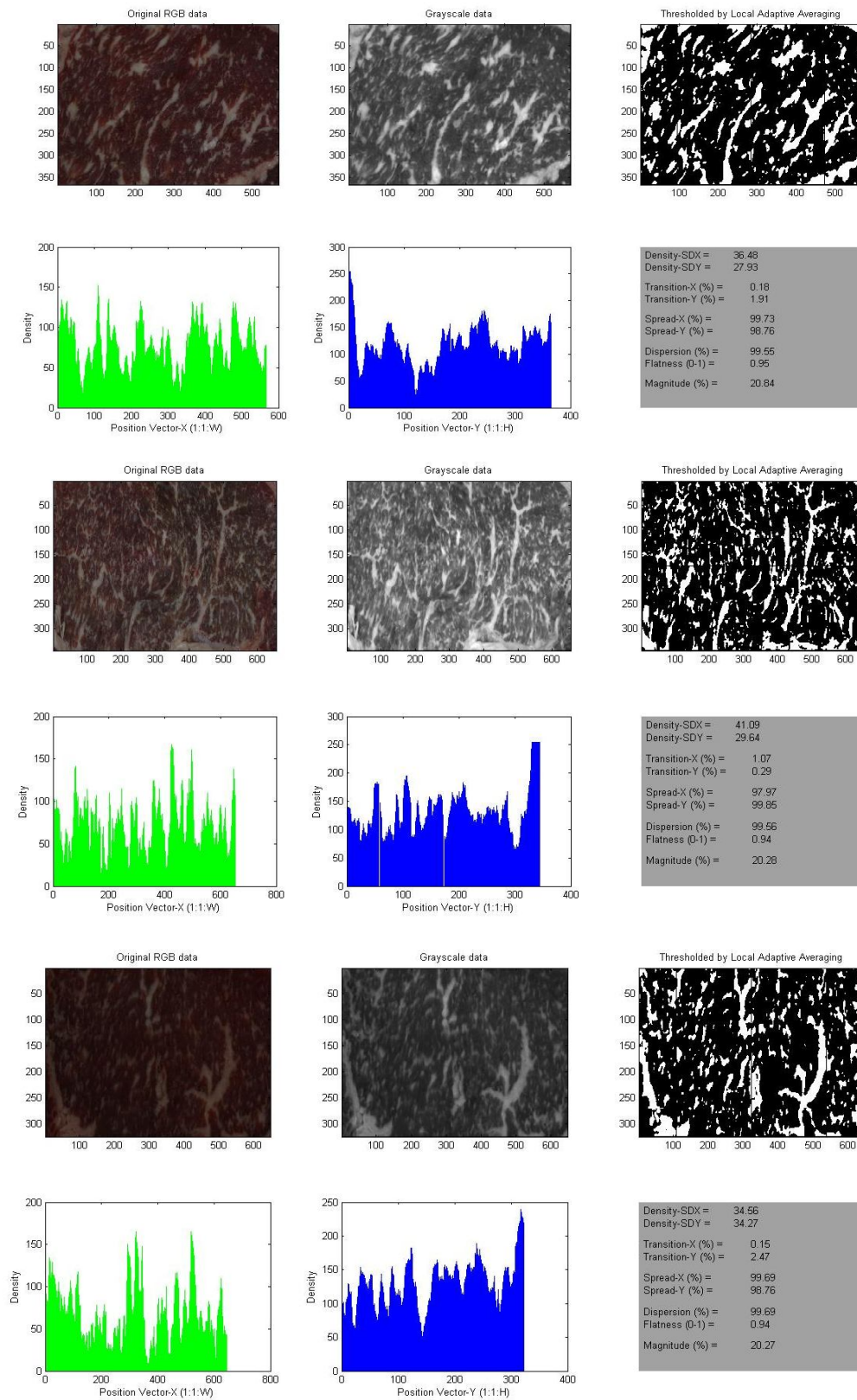
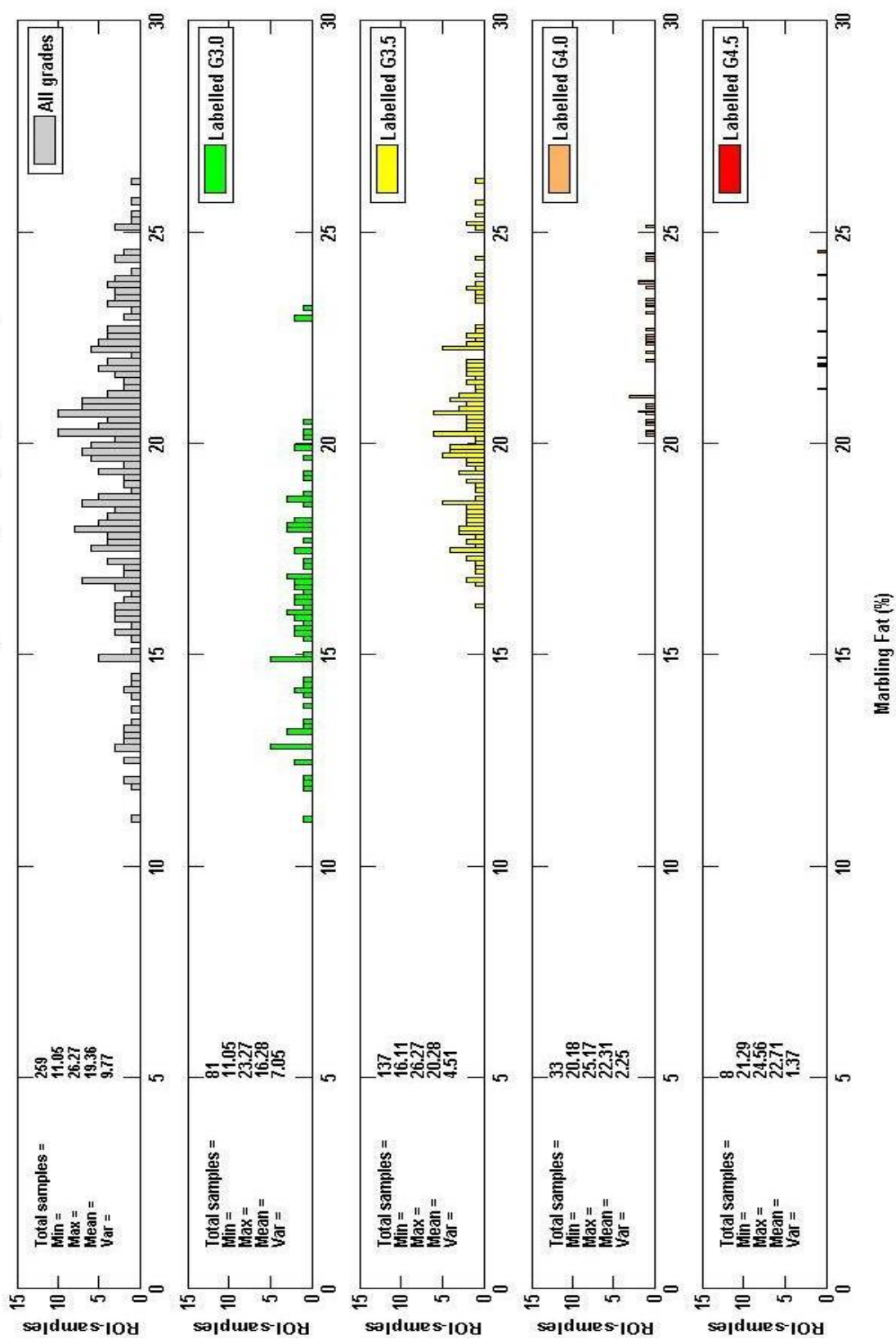


Thai-French Beef: Labeled G4.5

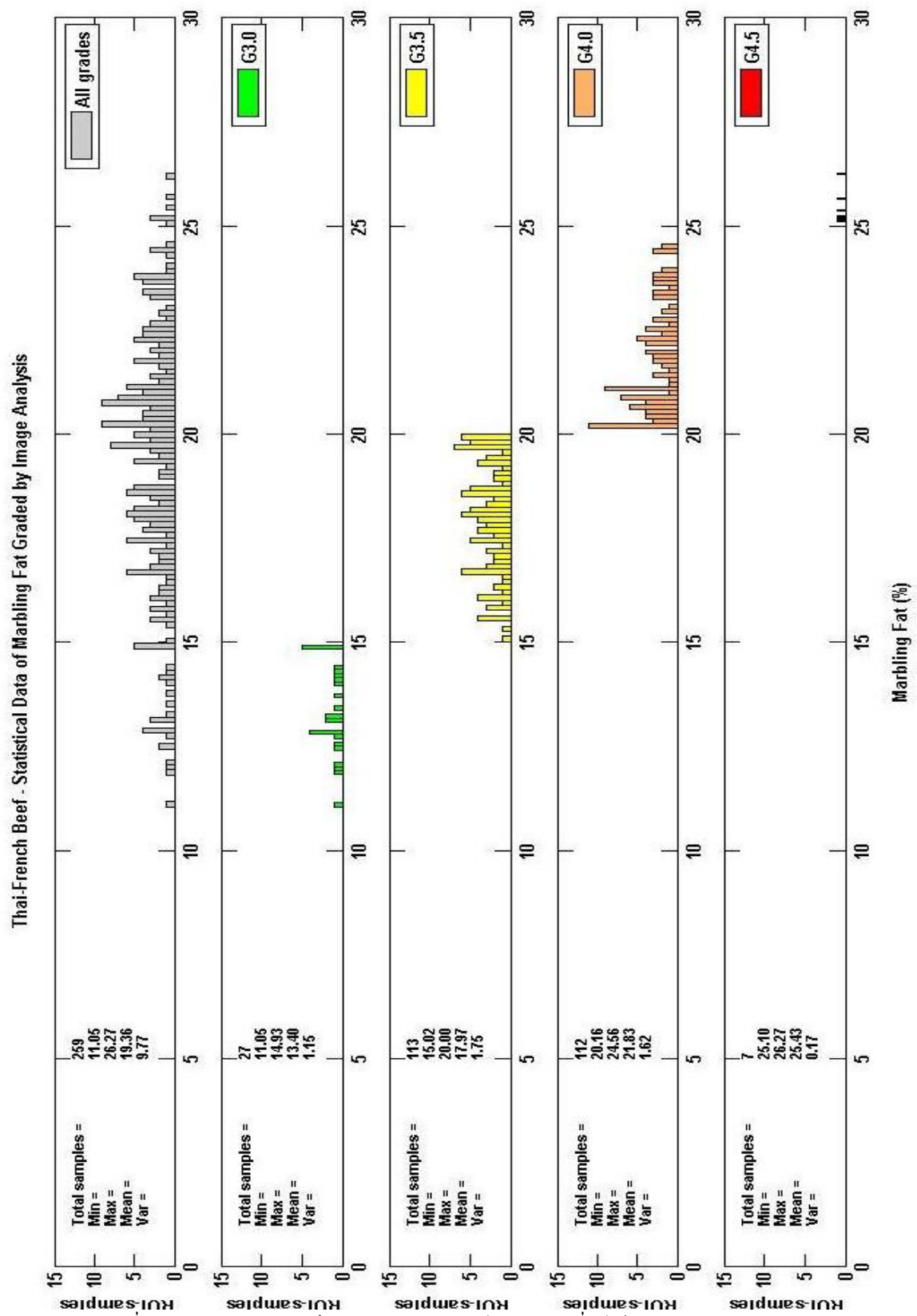


รูปที่ 4.13 (d) ตัวอย่างผลการวิเคราะห์ปริมาณและการกระจายของไขมันแทรกในเนื้อจากภาพ TF-Grade 4.5

Thai-French Beef - Statistical Data of Marbling Fat Graded by the Experts (from Labelled)



รูปที่ 4.14 (a) ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของค่าปริมาณไขมันแทรกที่วัดได้จากการประมวลผลภาพตัวอย่างเนื้อ Rib-eye จาก Thai-French Beef ที่กำหนดเกรดมาจากผู้เชี่ยวชาญของสหกรณ์การผลิตโคเนื้อ โพนยางคำ



รูปที่ 4.14 (b) ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของค่าปริมาณไขมันแทรกที่วัดได้จากการประมวลผลภาพ

ตัวอย่างเนื้อ Rib-eye จาก Thai-French Beef โดยการใช้เทคนิคการประมวลผลภาพ

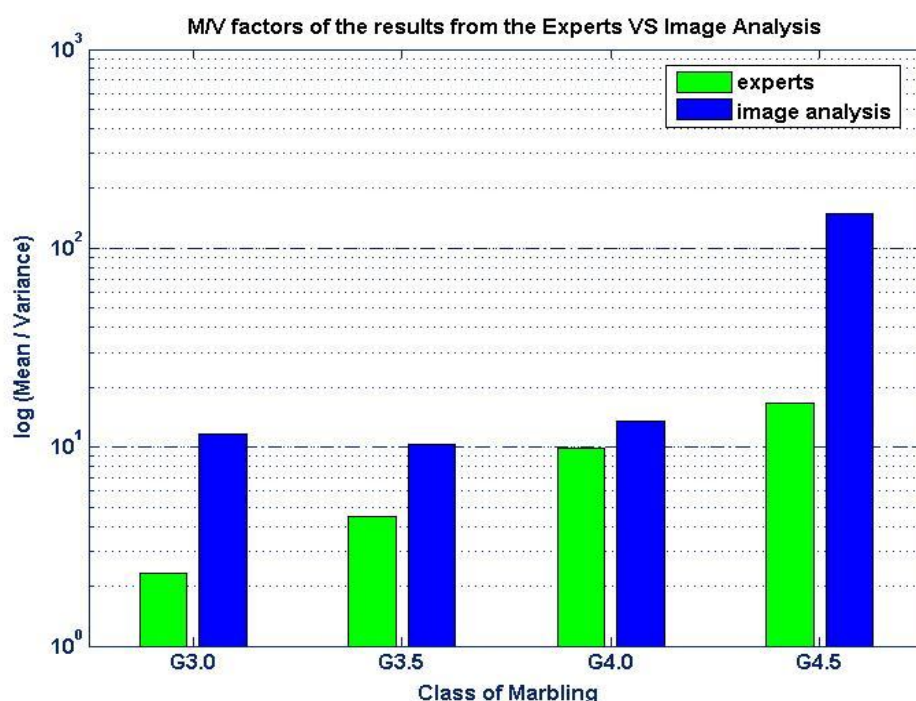
ผลการวัดวิเคราะห์ภาพเนื้อ Rib-eye จากสหกรณ์การผลิตโคเนื้อโพนยางคำด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพ แสดงตัวอย่างดังรูปที่ 4.13(a)-(d) ตามกลุ่มการจัดเกรดโดยผู้เชี่ยวชาญไว้แล้ว คือเกรด G3.0, G3.5, G4.0 และ G4.5 ตามลำดับนั้น เป็นตัวอย่างเพียงส่วนหนึ่งของผลการวัดและวิเคราะห์จากจำนวนทั้งหมด 259 ตัวอย่าง ซึ่งจากการพิจารณาผลการวัดที่ได้เบื้องต้นพบว่าปริมาณไขมันแทรกที่วัดได้นั้น ตัวอย่างส่วนใหญ่ (ประมาณครึ่งหนึ่งจากทั้งหมด) มีความสัมพันธ์ไม่สอดคล้องกับระดับคะแนนหรือการจัดเกรดจากผู้เชี่ยวชาญที่กำหนดมาให้ ดังนั้นเพื่อให้สามารถมองเห็นผลลัพธ์ที่ได้จากการวัดทั้งหมด จะต้องนำผลการวัดที่ได้ทั้งหมดมาวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อพิจารณาแนวโน้มการรวมกลุ่มกันของข้อมูลในแต่ละเกรด ซึ่งในกรณีของการจัดเกรดโดยผู้เชี่ยวชาญนั้นแสดงดังรูปที่ 4.14 (a) และในกรณีของการจัดเกรดด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพแสดงดังรูปที่ 4.14 (b) จากข้อมูลการวิเคราะห์พบว่ากลุ่มตัวอย่าง Thai-French Beef ทั้งหมดจำนวน 259 ตัวอย่าง มีค่าเฉลี่ยของปริมาณไขมันแทรกรวมทุกตัวอย่างที่ 19.36% มีค่าต่ำสุดและสูงสุดที่ 11.05% และ 26.27% ตามลำดับโดยมีความแปรปรวนรวมทุกตัวอย่างเท่ากับ 9.77 โดยรายละเอียดผลการวัดค่าทางสถิติของแต่ละกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการจัดเกรดโดยผู้เชี่ยวชาญและกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับจัดเกรดโดยเทคนิคการประมวลผลภาพ (ใช้เกณฑ์การกำหนดเกรดและช่วงชั้นของค่าเปอร์เซ็นต์ระดับไขมันแทรกประจำแต่ละเกรดจากตารางที่ 4.2) สามารถเปรียบเทียบและแสดงดังตารางที่ 4.1 ดังนี้

ตารางที่ 4.1 เปรียบเทียบผลการจัดเกรดจากปริมาณไขมันแทรกโดยผู้เชี่ยวชาญกับเทคนิคการประมวลผลภาพ

กลุ่มข้อมูล (TF)	การจัดกลุ่มโดยผู้เชี่ยวชาญ (TF)				การจัดกลุ่มโดย Image Analysis			
	Min (%)	Max (%)	Mean (%)	Var	Min (%)	Max (%)	Mean (%)	Var
G3.0	11.05	23.27	16.28	7.05	11.05	14.93	13.40	1.15
G3.5	16.11	26.27	20.28	4.51	15.02	20.00	17.97	1.75
G4.0	20.18	25.17	22.31	2.25	20.16	24.56	21.83	1.62
G4.5	21.29	24.56	22.71	1.37	25.10	26.27	25.43	0.17

จากการพิจารณาผลวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.1 ร่วมกับแผนภาพฮิสโตแกรมในรูปที่ 4.14 (a) และ 4.14 (b) พบว่า การจัดเกรดเนื่องจากการพิจารณาไขมันแทรกโดยสายตาของผู้เชี่ยวชาญ (รูปที่ 4.14 (a)) มีแนวโน้มที่ดีของค่าเฉลี่ยประจำกลุ่มข้อมูลในช่วงเกรดต่ำคือ ค่าเฉลี่ยของกลุ่ม G3.5 สูงกว่าค่าเฉลี่ยของกลุ่ม G3.0 ($G3.5 = 20.28\%$ และ $G3.0 = 16.28\%$) แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจนในช่วงเกรดสูงคือ ค่าเฉลี่ยของกลุ่ม G4.5 มีค่าใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยของกลุ่ม G4.0 ($G4.5 = 22.71\%$ และ $G4.0 = 22.31\%$) นอกจากนั้น ยังสามารถพิจารณาได้จากช่วงค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดของกลุ่มข้อมูลที่มีการเหลื่อมหรือซ้อนทับกัน เช่น การเหลื่อมซ้อนกันระหว่างค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดของข้อมูลเกรด G3.0 กับ G3.5, เกรด G3.5 กับ G4.0, และเกรด G4.0 กับ G4.5 เป็นต้น ซึ่งเป็นความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากข้อจำกัดตามธรรมชาติของมนุษย์ เนื่องจากสายตาของมนุษย์ไม่สามารถแปลผลค่าเชิงคุณภาพจากการมองเห็นให้ออกมาเป็นค่าเชิงปริมาณได้โดยตรง รวมทั้งยังไม่สามารถทำซ้ำได้อย่างแม่นยำเหมือนกันทุกครั้ง (Inaccurate and non-repetitiveness) นอกจากความสามารถในการแปลผลในเชิงสัมพัทธ์ที่สามารถระบุออกมาเป็นปริมาณเชิงคุณภาพ (Linguistic Description) ได้เท่านั้น เช่น มีค่าน้อยมาก, มีค่าน้อย,

มีค่าปานกลาง, มีค่าสูงหรือมีค่าสูงมากเป็นต้น อย่างไรก็ตามเพื่อให้สามารถเปรียบเทียบผลการจัดเกรดจากผู้เชี่ยวชาญกับผลการจัดเกรดด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพได้อย่างชัดเจนยิ่งขึ้น ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.1 จะถูกนำมาคำนวณหาอัตราส่วนระหว่างค่าเฉลี่ยต่อค่าความแปรปรวนของแต่ละกลุ่มตัวอย่าง เพื่อวัดแนวโน้มการเข้าสู่ศูนย์กลางของข้อมูลในแต่ละกลุ่มเปรียบเทียบกัน โดยที่อัตราส่วนดังกล่าวนี้ยังมีค่าสูงยิ่งดี ซึ่งแสดงถึงผลจากการจัดกลุ่มของข้อมูลที่ได้มีค่าความแปรปรวนต่ำหรือมีการเกาะกลุ่มกันดี ผลการคำนวณค่าอัตราส่วนดังกล่าวจากข้อมูลทางสถิติในตารางที่ 4.1 สามารถแสดงในเชิงเปรียบเทียบได้โดยกราฟแท่งดังรูปที่ 4.15



รูปที่ 4.15 การเปรียบเทียบอัตราส่วนระหว่างค่าเฉลี่ยต่อค่าความแปรปรวนของค่าเปอร์เซ็นต์ไขมันแทรกของกลุ่มตัวอย่างที่ได้จากการจัดเกรดโดยผู้เชี่ยวชาญกับการจัดเกรดด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพ

จากกราฟแท่งในรูปที่ 4.15 แสดงให้เห็นถึงแนวโน้มที่ดีในการจัดเกรดเนื้อโดยผู้เชี่ยวชาญ (กราฟแท่งสีเขียว) เมื่อเปรียบเทียบกับผลการจัดเกรดด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพ (กราฟแท่งสีน้ำเงิน) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกลุ่มที่มีเปอร์เซ็นต์ไขมันแทรกระดับปานกลาง (G3.5) และระดับสูง (G4.0, G4.5) คือข้อมูลมีแนวโน้มการเข้าสู่ศูนย์กลางหรือมีการเกาะกลุ่มกันดีกับค่าเฉลี่ย สังเกตได้จากกราฟแท่งสีเขียวมีค่าค่อยๆสูงขึ้นตามลำดับ ในขณะที่ผู้เชี่ยวชาญมีความแม่นยำในการประเมินสูงจะทำให้กราฟแท่งสีเขียวสูงขึ้นตามไปด้วย เนื่องจากข้อมูลที่ถูกนำมาจัดเข้ากลุ่มมีความแปรปรวนต่ำ ซึ่งหมายถึงคุณภาพในการจัดเกรดดีขึ้นหรือมีความคลาดเคลื่อนต่ำตามไปด้วย อย่างไรก็ตาม ด้วยสาเหตุจากข้อจำกัดทางด้านกายภาพของสายตามนุษย์ที่ไม่สามารถทำได้อย่างแม่นยำและเหมือนกันทุกครั้งดังที่ได้อธิบายในตอนต้น จึงทำให้คุณภาพการประเมินค่าระดับไขมันแทรกและการจัดเกรดโดยผู้เชี่ยวชาญ มีแนวโน้มการเข้าสู่ศูนย์กลางหรือมีการเกาะกลุ่มของข้อมูลต่ำกว่าแนวโน้มการเข้าสู่ศูนย์กลาง

ของข้อมูลที่ได้รับการจัดกลุ่มด้วยการใช้เครื่องมือวัด ซึ่งในกรณีของงานวิจัยนี้คือการใช้เทคนิคการประมวลผลภาพด้วยคอมพิวเตอร์

ผลการจัดเกรดเนื้อหรือการจัดกลุ่มข้อมูลโดยใช้เทคนิคประมวลผลภาพดังรูปที่ 4.14 (b) นั้น สามารถสร้างขึ้นมาได้จากการกำหนดช่วงชั้นของค่าเปอร์เซ็นต์ระดับไขมันแทรกที่วัดออกมาได้ จากตัวอย่างทั้งหมดจำนวน 259 ตัวอย่าง โดยกำหนดจากค่าต่ำสุดและสูงสุดที่วัดได้ร่วมกับเกณฑ์การกำหนดจำนวนระดับชั้นคุณภาพจากสหกรณ์การผลิตเนื้อโพนยางคำ ในกรณีนี้เกณฑ์กำหนดคุณภาพถูกกำหนดไว้ 4 ระดับชั้น คือ G3.0, G3.5, G4.0 และ G4.5 โดยค่าต่ำสุดและสูงสุดที่วัดได้จากตัวอย่างทั้งหมดคือ 11.05% และ 26.27% ตามลำดับซึ่งสามารถนำมาใช้กำหนดเปอร์เซ็นต์ของค่าระดับไขมันแทรกประจำแต่ละช่วงชั้นได้ ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 เกณฑ์การกำหนดระดับชั้นคุณภาพและค่าเปอร์เซ็นต์ระดับไขมันแทรกประจำแต่ละช่วงชั้น (TF)

เกรด (TF)	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	การกำหนดช่วงค่าในการจัดเกรด
G1.0	0%	5%	$0\% \leq G1.0 < 5\%$
G2.0	5%	10%	$5\% \leq G2.0 < 10\%$
G3.0	10%	15%	$10\% \leq G3.0 < 15\%$
G3.5	15%	20%	$15\% \leq G3.5 < 20\%$
G4.0	20%	25%	$20\% \leq G4.0 < 25\%$
G4.5	25%	-	$G4.5 \geq 25\%$

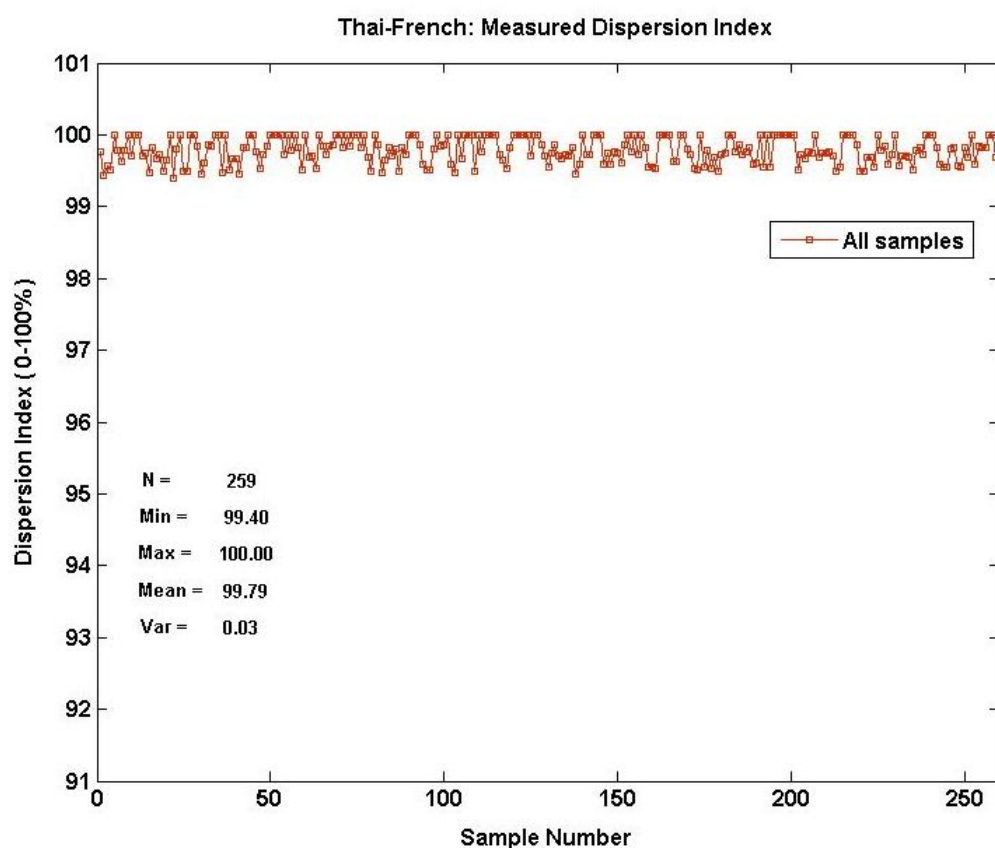
จากนั้นเมื่อนำเกณฑ์การกำหนดเกรดตามตารางที่ 4.2 มาเทียบกับค่าเปอร์เซ็นต์ระดับไขมันแทรกที่วัดค่าออกมาได้แล้ว ทำให้สามารถสร้างแผนภาพฮิสโตแกรมของการจัดเกรดด้วยเทคนิคประมวลผลภาพได้ดังรูปที่ 4.14 (b) นอกจากนี้ ยังสามารถแสดงผลการเปรียบเทียบจำนวนของตัวอย่างที่ได้จากการจัดเกรดจากทั้ง 2 วิธี ดังตารางที่ 4.3 ซึ่งผลของจำนวนตัวอย่างที่ได้แตกต่างกันก่อให้เกิดความแตกต่างในการคิดมูลค่าทางเศรษฐกิจอย่างมาก เนื่องจากมูลค่าที่แตกต่างกันของเนื้อแต่ละเกรด

ตารางที่ 4.3 แสดงการเปรียบเทียบผลของการจัดเกรดโดยผู้เชี่ยวชาญกับผลจากการจัดเกรดโดยเทคนิคการประมวลผลภาพ

กลุ่มข้อมูล (TF)	การจัดกลุ่มโดยผู้เชี่ยวชาญ (TF) (จำนวนตัวอย่าง)	การจัดกลุ่มโดย Image Analysis (จำนวนตัวอย่าง)
G3.0	81	27
G3.5	137	113
G4.0	33	112
G4.5	8	7
รวม	259	259

4.3.2 ผลการวัดค่าดัชนีการกระจายตัวของไขมันแทรก (Dispersion Index Measurements)

นอกเหนือไปจากการวัดค่าปริมาณไขมันแทรกซึ่งเป็นดัชนีหลักสำหรับใช้ประเมินคุณภาพและกำหนดเกรดเนื้อแล้ว การประเมินคุณภาพจากการวัดการกระจายตัวของไขมันแทรกอาจใช้เป็นดัชนีในการกำหนดคุณภาพเพิ่มเติมได้ ซึ่งในการวัดค่าดัชนีการกระจายตัวของไขมันแทรกนั้นจะใช้ค่าที่วัดได้จากการประมวลผลภาพ คือ ฮิสโตแกรมของค่าความหนาแน่นของจุดภาพสีขาว (White pixels) บนพื้นที่ที่ทำการวิเคราะห์ (ROI) ของภาพทั้งในแนวตั้งและในแนวนอนมาคำนวณโดยใช้สมการที่ (3) ซึ่งได้นิยามไว้แล้วในบทที่ 3 เมื่อทำการวิเคราะห์ภาพจากจำนวนทั้งหมด 259 ตัวอย่าง แล้วนำค่ามาพล็อตกราฟเพื่อดูแนวโน้มของค่าดัชนีการกระจายตัวของไขมันแทรกจากทุกกลุ่มตัวอย่าง สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.16



รูปที่ 4.16 ผลการวัดค่าการกระจายตัวของไขมันแทรก (Dispersion Index) ของกลุ่มตัวอย่าง TF

จากกราฟในรูปที่ 4.16 แสดงให้เห็นถึงแนวโน้มของค่าดัชนีการกระจายตัวของไขมันแทรกซึ่งพบว่า กลุ่มตัวอย่างทั้งหมดมีค่าดัชนีการกระจายตัวของไขมันแทรกที่ต่ำมาก โดยมีค่าเฉลี่ยรวมสูงเกินกว่า 99% มีค่าต่ำสุดที่ 99.40% และมีความแปรปรวนรวมต่ำมากคือ 0.03 จึงอาจกล่าวโดยสรุปได้ว่า กลุ่มตัวอย่างทั้งหมดมีค่าดัชนีการกระจายตัวของไขมันแทรกที่สูงมากเกินกว่า 90% ทั้งกลุ่มเปอร์เซ็นต์ไขมันแทรกต่ำและกลุ่มเปอร์เซ็นต์

ไขมันแทรกสูง ดังนั้นการใช้ค่าดัชนีการกระจายตัวของไขมันแทรกมาเป็นตัววัดหรือเป็นปัจจัยเพิ่มเติมในการพิจารณาคุณภาพเนื้อจึงไม่มีความจำเป็น สำหรับกรณีของตัวอย่างจากสหกรณ์การผลิตโคเนื้อโพนยางคำ

4.4 ผลการทดสอบระเบียบวิธีวิธีการคำนวณ (MATLAB) กับภาพตัวอย่างจริงจาก KU-Beef

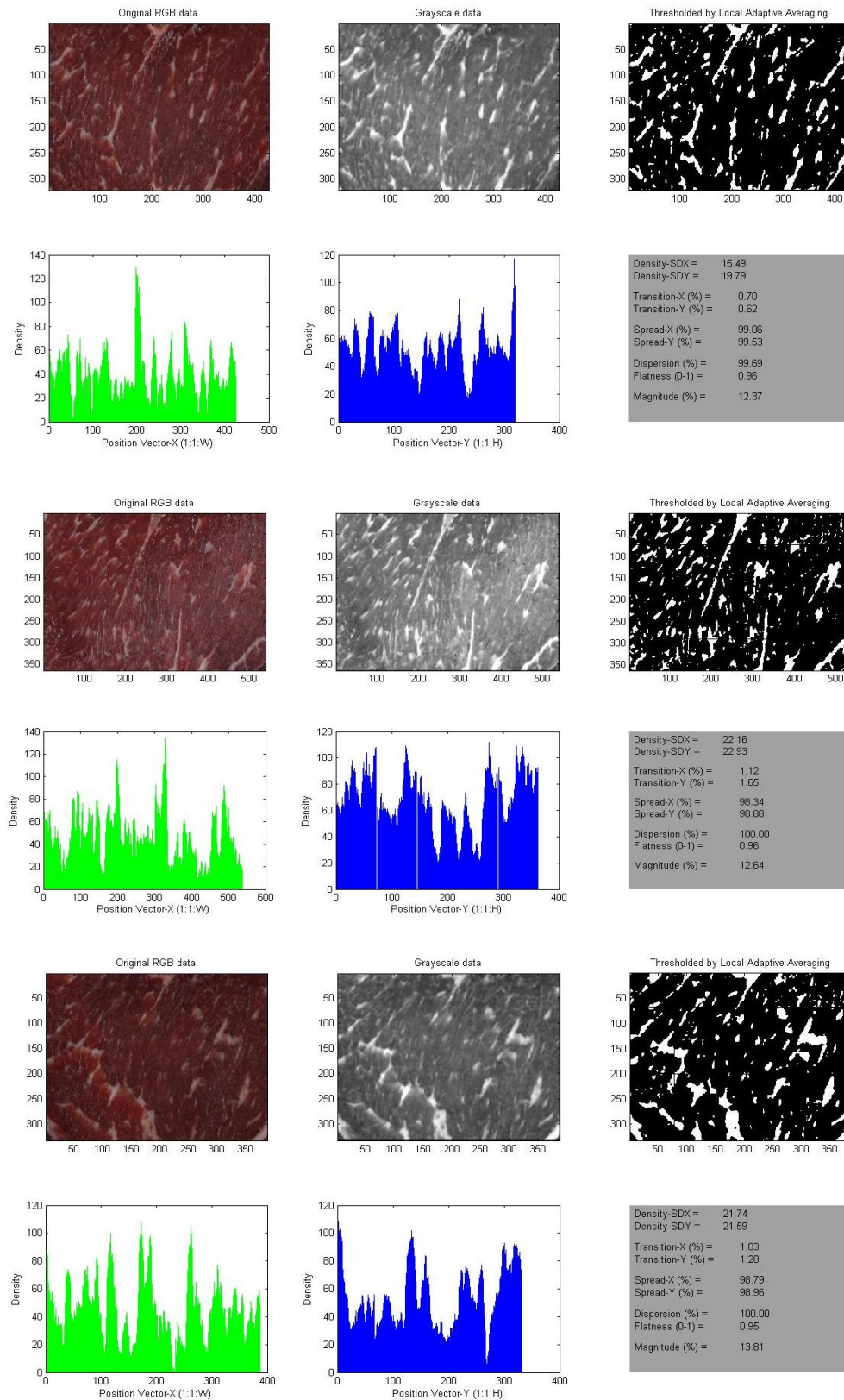
4.4.1 ผลการวัดเปอร์เซ็นต์ค่าระดับไขมันแทรกและผลวิเคราะห์ทางสถิติ

(Percentage of Marbling Fat Measurements and Statistical Analysis Results)

โดยใช้หลักการเดียวกันกับการทดสอบเทคนิคการประมวลผลภาพกับภาพตัวอย่างจริงจากสหกรณ์การผลิตโคเนื้อโพนยางคำ เทคนิคการประมวลผลภาพจึงได้รับการทดสอบเพิ่มเติมกับภาพตัวอย่างจริงจากสหกรณ์การผลิตโคเนื้อกำแพงแสนรวมทั้งเพื่อเป็นการเปรียบเทียบค่าระดับไขมันแทรกในเนื้อที่ผลิตได้จากทั้งสองแหล่ง

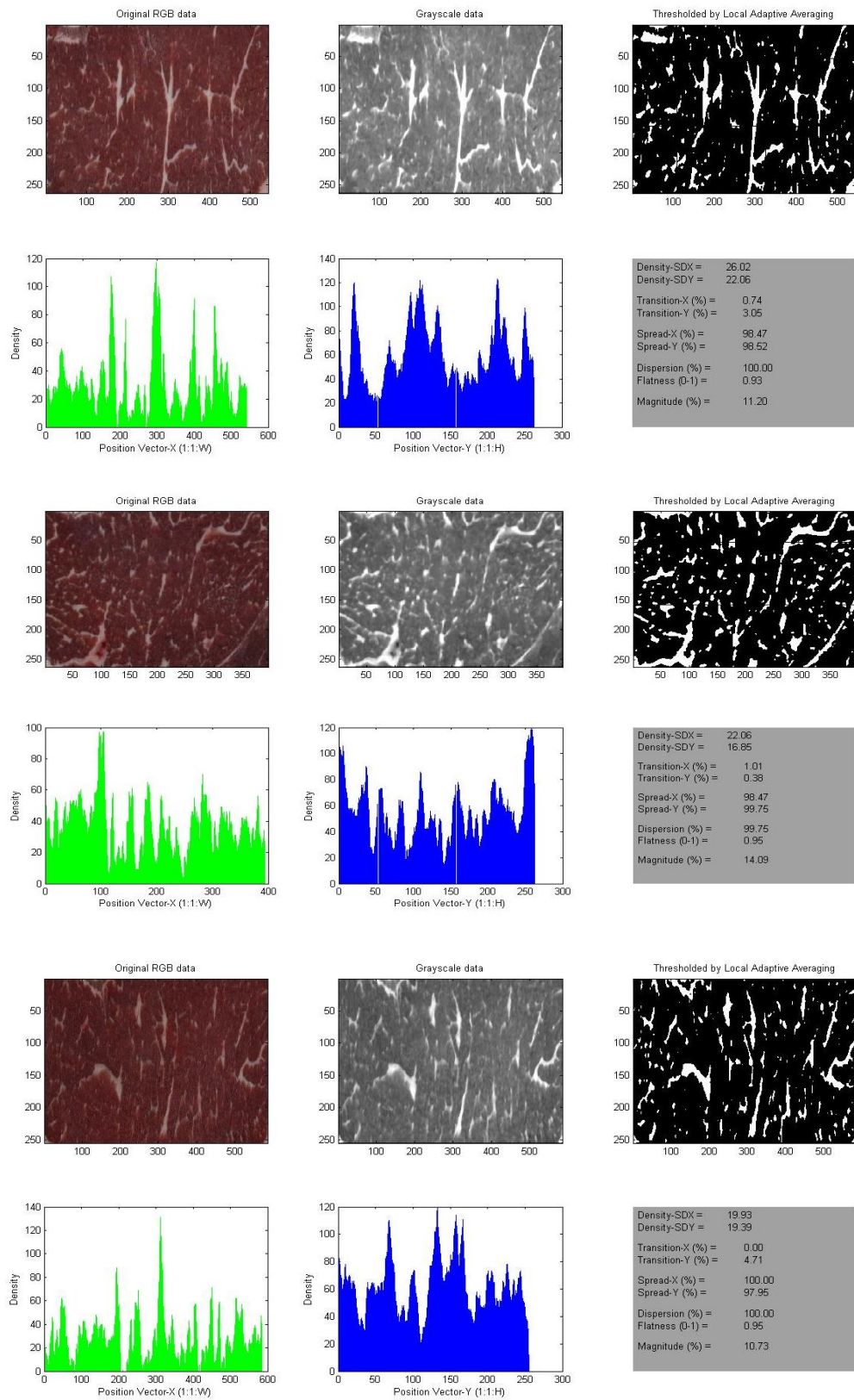
สำหรับการทดลองกับภาพจริงในหัวข้อนี้ใช้ภาพถ่ายจากตัวอย่างเนื้อบริเวณ Rib-eye ที่ได้จากสหกรณ์การผลิตโคเนื้อกำแพงแสน (KU-Beef) จำนวนทั้งสิ้น 148 ตัวอย่าง โดยตัวอย่างทั้งหมดได้รับการประเมินและจัดเกรดโดยผู้เชี่ยวชาญของสหกรณ์การผลิตโคเนื้อกำแพงแสนมาแล้ว (Labeled) แบ่งออกเป็น 3 กลุ่มคือ G1, G2, และ G3 แทนกลุ่มที่มีปริมาณไขมันแทรกจากน้อยไปมากตามลำดับ ในการวิเคราะห์นั้นเริ่มจากการเลือกพื้นที่ที่สนใจจากภาพ (ROI: Region of Interest) มาทำการวิเคราะห์ (เช่นเดียวกันกับที่แสดงดังรูปที่ 4.12 ในหัวข้อการทดสอบกับภาพเนื้อจากสหกรณ์การผลิตโคเนื้อโพนยางคำ) เมื่อทำการวัดปริมาณไขมันแทรกและจัดเกรดโดยเทคนิคการประมวลผลภาพแล้ว วิเคราะห์ผลในเชิงสถิติเปรียบเทียบกันระหว่างกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการจัดเกรดโดยผู้เชี่ยวชาญกับกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการจัดเกรดด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพ ซึ่งจะแสดงผลการเปรียบเทียบด้วยค่าทางสถิติ (Non-parametric statistical analysis) และแผนภาพฮิสโตแกรม พร้อมทั้งค่าดัชนีวัดคุณภาพของการจัดกลุ่มข้อมูลหรือแนวโน้มการรวมกลุ่มกันของข้อมูลในแต่ละเกรด (คุณภาพของการจัดเกรด) นอกจากนี้ ค่าดัชนีการกระจายตัวของไขมันแทรกที่วัดได้จากเทคนิคการวิเคราะห์ภาพจากทุกกลุ่มตัวอย่างจะแสดงผลอยู่ในกราฟเดียวกันเพื่อเปรียบเทียบ ตัวอย่างผลการวัดวิเคราะห์ภาพ Rib-eye จากสหกรณ์การผลิตโคเนื้อกำแพงแสนด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพแสดงดังรูปที่ 4.17(a)-(c) ตามกลุ่มการจัดเกรดโดยผู้เชี่ยวชาญไว้แล้ว คือ G1, G2, และ G3 ตามลำดับ โดยปริมาณของไขมันแทรกแสดงด้วยสัญลักษณ์ Magnitude (%), ค่าดัชนีการกระจายตัวของไขมันแทรกแสดงด้วยสัญลักษณ์ Dispersion (%) โดยค่านี้ยิ่งสูงยิ่งดี, ความสม่ำเสมอของการกระจายแสดงด้วยสัญลักษณ์ Density-SDX และ Density-SDY แทนค่าค่าความสม่ำเสมอของการกระจายตัวในแนวนอน (แกน x) และในแนวตั้ง (แกน y) ตามลำดับ โดยที่ค่าดังกล่าวยิ่งต่ำยิ่งดีซึ่งหมายถึงมีความสม่ำเสมอของการกระจายตัวของจุดสีขาวอยู่สูง นอกจากนั้นแผนภาพฮิสโตแกรมที่แสดงด้วยกราฟสีเขียวและน้ำเงินแสดงแทนปริมาณและการกระจายของจุดสีขาวในแนวแกนนอน (แกน x) และแกนตั้ง (แกน y) ตามลำดับ ส่วนผลการเปรียบเทียบเชิงสถิติของการวัดวิเคราะห์และจัดเกรดโดยผู้เชี่ยวชาญ กับการวัดวิเคราะห์และจัดเกรดโดยเทคนิคการประมวลผลภาพสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.18(a) และ 4.18(b) ตามลำดับ ส่วนค่าดัชนีการกระจายตัวของไขมันแทรกพร้อมรายละเอียดผลการทดสอบจะอยู่ในหัวข้อผลการทดสอบดัชนีการกระจายตัวของตัวอย่างจากสหกรณ์การผลิตโคเนื้อกำแพงแสน

KU-Beef G1



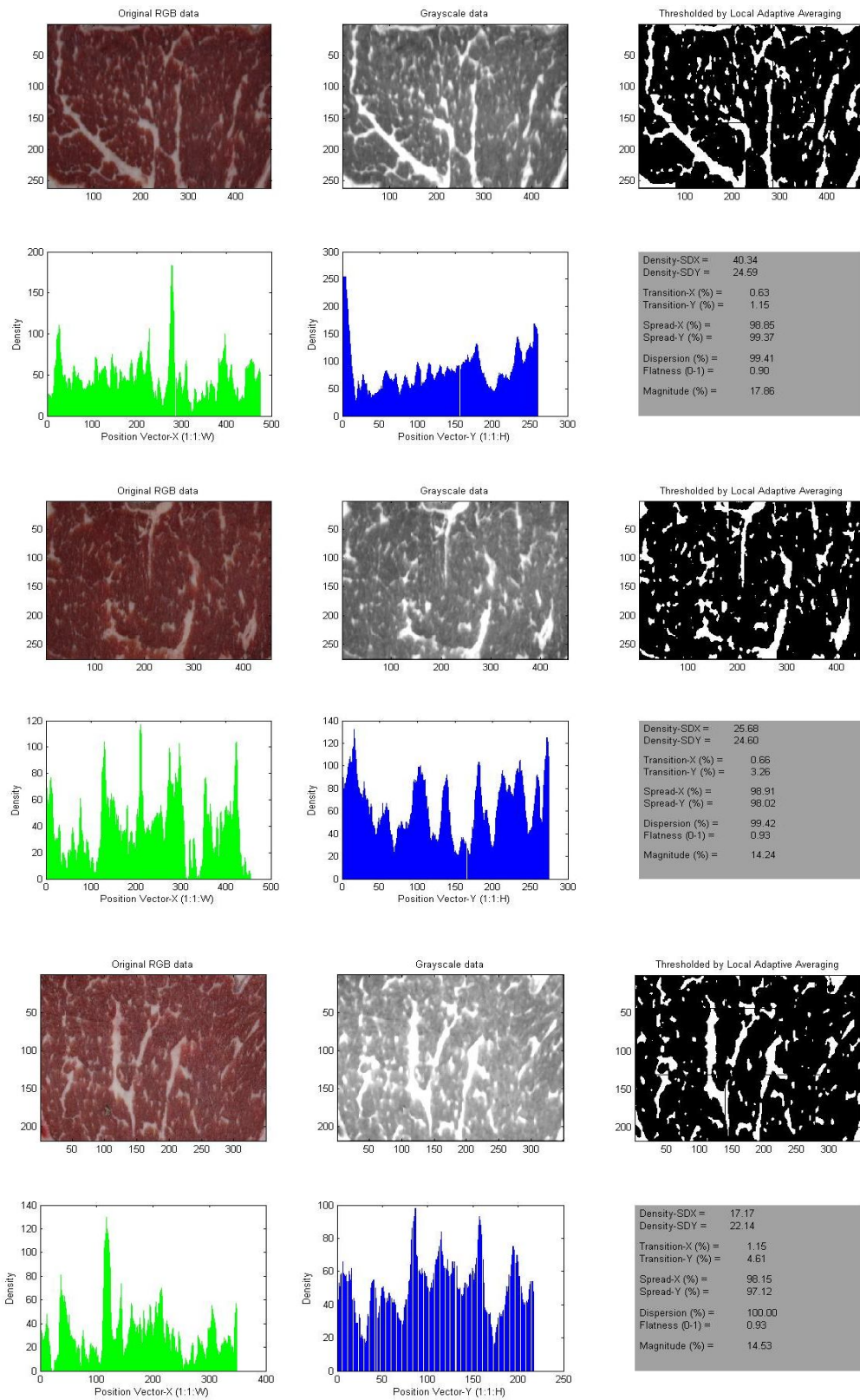
รูปที่ 4.17 (a) ตัวอย่างผลการวัดวิเคราะห์ปริมาณและการกระจายของไขมันแทรกในเนื้อจากภาพ KU-Beef G1

KU-Beef G2

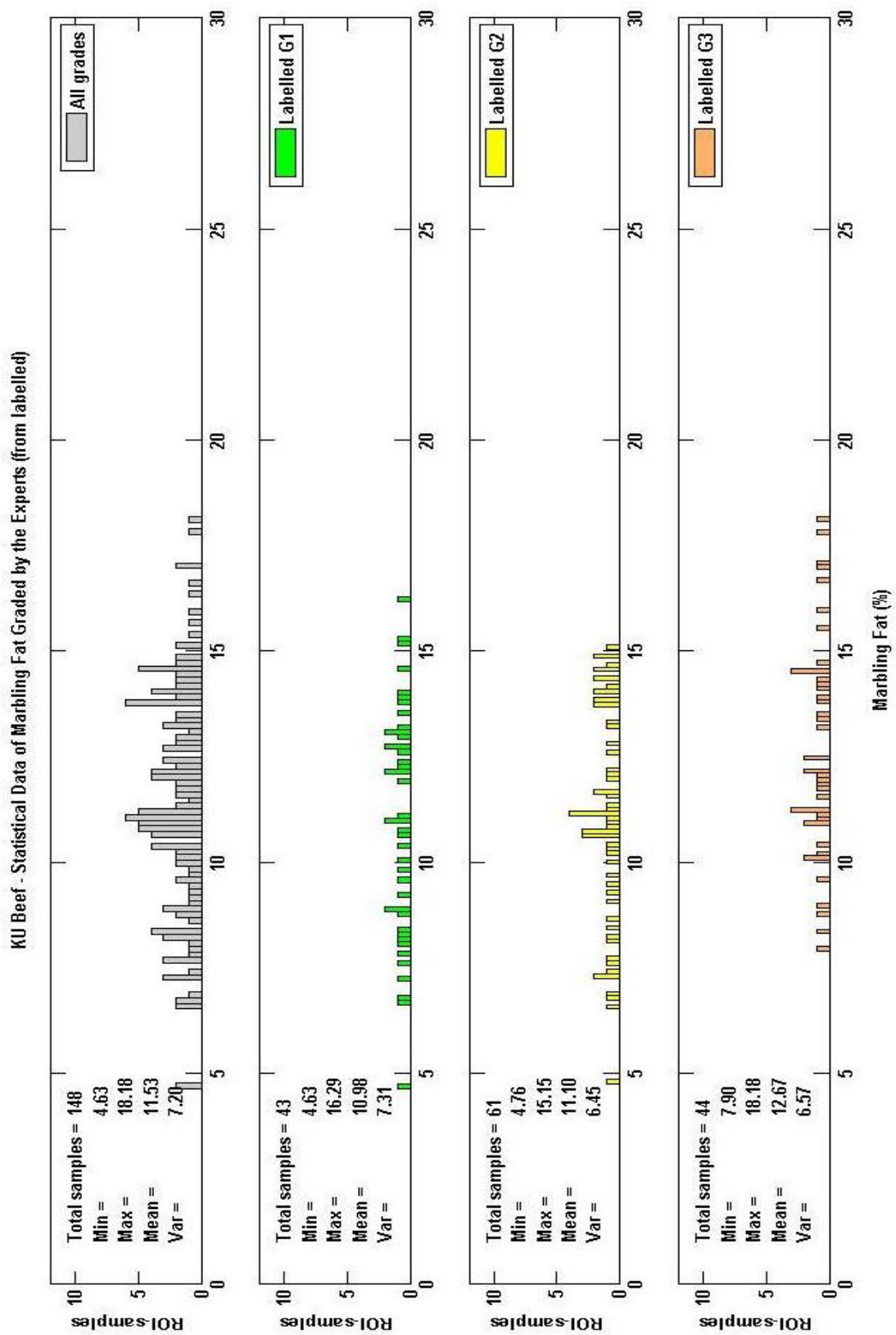


รูปที่ 4.17 (b) ตัวอย่างผลการวัดวิเคราะห์ปริมาณและการกระจายของไขมันแทรกในเนื้อจากภาพ KU-Beef G2

KU-Beef G3

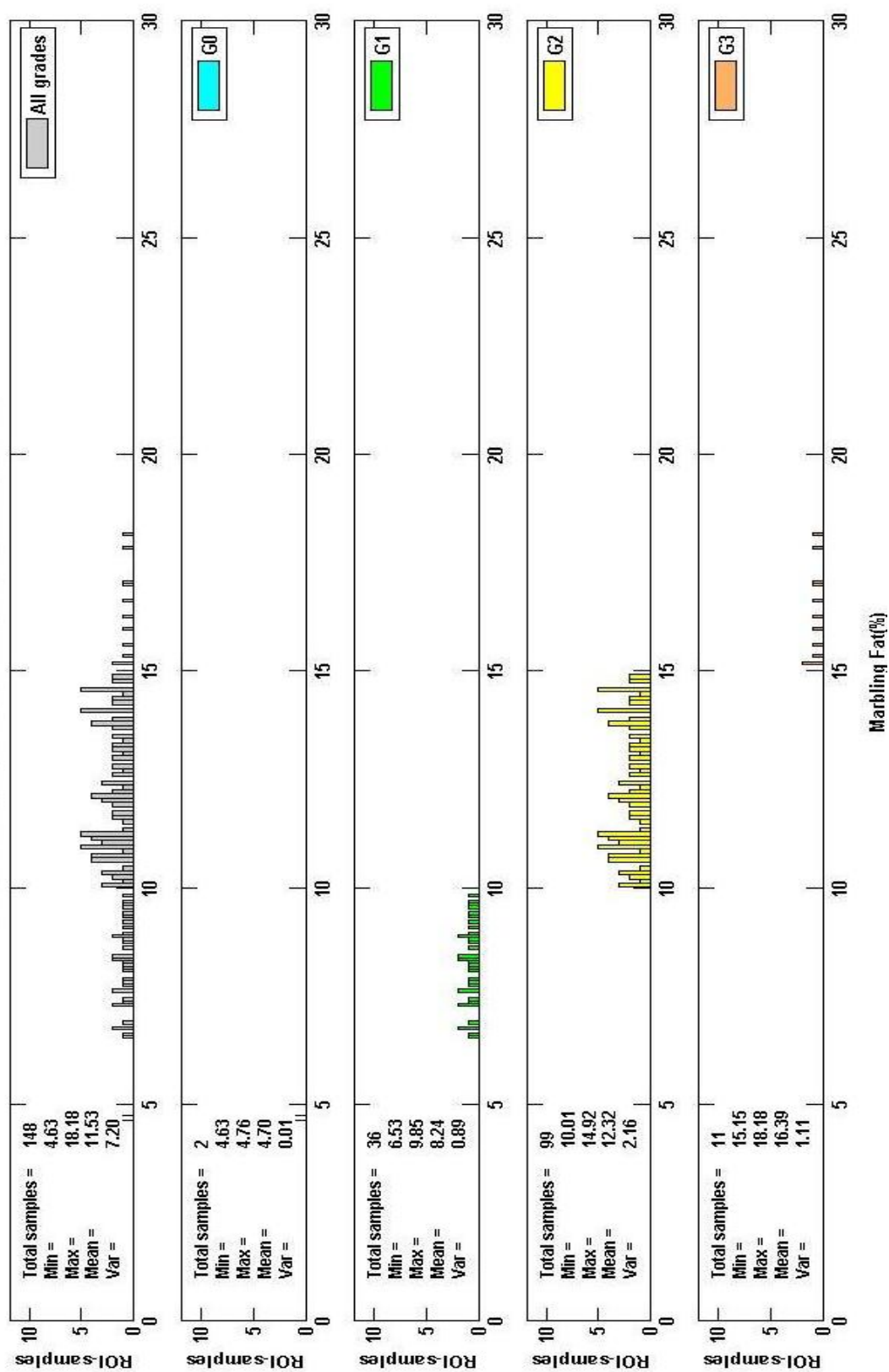


รูปที่ 4.17 (c) ตัวอย่างผลการวัดวิเคราะห์ปริมาณและการกระจายของไขมันแทรกในเนื้อจากภาพ KU-Beef G3



รูปที่ 4.18 (a) ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของการวัดวิเคราะห์ปริมาณของไขมันแทรกจากตัวอย่างเนื้อ Rib-eye จาก KU-Beef ที่กำหนดเกรดมาจากผู้เชี่ยวชาญของสหกรณ์การผลิตโคเนื้อกำแพงแสน

KU Beef - Statistical Data of Marbling Fat Graded by Image Analysis



รูปที่ 4.18 (b) ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของการวิเคราะห์ปริมาณของไขมันแทรกจากตัวอย่างเนื้อ Rib-eye จาก KU-Beef โดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพ

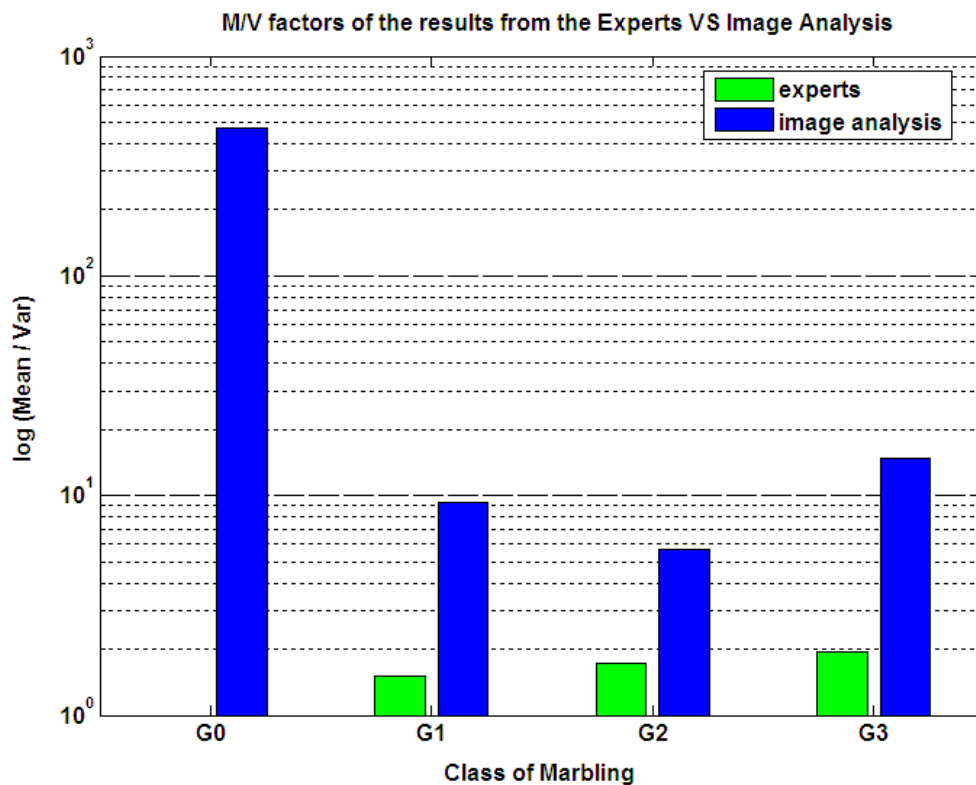
ผลการวัดวิเคราะห์ภาพเนื้อ Rib-eye จากสหกรณ์การผลิตโคเนื้อกำแพงแสนด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพ แสดงตัวอย่างดังรูปที่ 4.17(a)-(c) ตามกลุ่มการจัดเกรดโดยผู้เชี่ยวชาญไว้แล้ว คือเกรด G1, G2 และ G3 ตามลำดับนั้น เป็นตัวอย่างเพียงส่วนหนึ่งของผลการวัดและวิเคราะห์จากจำนวนทั้งหมด 148 ตัวอย่าง ซึ่งจากการพิจารณาผลการวัดที่ได้เบื้องต้นพบว่าปริมาณไขมันแทรกที่วัดได้นั้นส่วนใหญ่(เกือบทั้งหมด) มีค่าไม่สัมพันธ์หรือสอดคล้องกับระดับคะแนนหรือการจัดเกรดจากผู้เชี่ยวชาญที่กำหนดมาให้ นอกจากนั้นยังมีความซ้ำซ้อนหรือมีช่วงค่าเปอร์เซ็นต์เกือบจะเท่ากัน ดังนั้นเพื่อให้สามารถมองเห็นผลลัพธ์ที่ได้จากการวัดทั้งหมด จะต้องนำผลการวัดที่ได้ทั้งหมดมาวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อพิจารณาแนวโน้มการรวมกลุ่มกันของข้อมูลในแต่ละเกรด ซึ่งในกรณีของการจัดเกรดโดยผู้เชี่ยวชาะนั้น แสดงดังรูปที่ 4.18 (a) และในกรณีของการจัดเกรดด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพแสดงดังรูปที่ 4.18 (b) จากข้อมูลการวิเคราะห์พบว่ากลุ่มตัวอย่าง KU-Beef ทั้งหมดจำนวน 148 ตัวอย่าง มีค่าเฉลี่ยของปริมาณไขมันแทรกรวมทุกกลุ่มที่ 11.53% มีค่าต่ำสุดและสูงสุดที่ 4.63% และ 18.18% ตามลำดับ มีค่าความแปรปรวนรวมของทุกกลุ่มเท่ากับ 7.2 โดยรายละเอียดผลการวัดค่าทางสถิติของแต่ละกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการจัดเกรดโดยผู้เชี่ยวชาญและกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการจัดเกรดโดยเทคนิคการประมวลผลภาพ (ใช้เกณฑ์การกำหนดเกรดจากตารางที่ 4.5) สามารถเปรียบเทียบและแสดงดังตารางที่ 4.4 ดังนี้

ตารางที่ 4.4 เปรียบเทียบผลการจัดเกรดจากปริมาณไขมันแทรกโดยผู้เชี่ยวชาญกับเทคนิคการประมวลผลภาพ

กลุ่มข้อมูล (KU)	การจัดกลุ่มโดยผู้เชี่ยวชาญ (KU)				การจัดกลุ่มโดย Image Analysis			
	Min (%)	Max (%)	Mean (%)	Var	Min (%)	Max (%)	Mean (%)	Var
G0	-	-	-	-	4.63	4.76	4.70	0.01
G1	4.63	16.29	10.98	7.31	6.53	9.85	8.24	0.89
G2	4.76	15.15	11.10	6.45	10.01	14.92	12.32	2.16
G3	7.90	18.18	12.67	6.57	15.15	18.18	16.39	1.11
G4	-	-	-	-	-	-	-	-
G5	-	-	-	-	-	-	-	-

จากการพิจารณาผลวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.4 ร่วมกับแผนภาพฮิสโตแกรมในรูปที่ 4.18 (a) และ 4.18 (b) พบว่า การจัดเกรดเนื่องจากการพิจารณาไขมันแทรกโดยสายตาของผู้เชี่ยวชาญ (รูปที่ 4.18 (a)) มีแนวโน้มของค่าเฉลี่ยประจำกลุ่มข้อมูลค่อนข้างสัมพันธ์กับเกรดที่ได้รับคือ ค่าเฉลี่ยของกลุ่ม G3 สูงกว่าค่าเฉลี่ยของกลุ่ม G2 และค่าเฉลี่ยของกลุ่ม G2 สูงกว่าค่าเฉลี่ยของกลุ่ม G1 ตามลำดับ ($G1 = 10.98\%$, $G2 = 11.10\%$, $G3 = 12.67\%$) อย่างไรก็ตาม หากพิจารณาจากช่วงค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดของแต่ละกลุ่มข้อมูลแล้ว จะเห็นได้ว่าการซ้อนทับกันทั้งหมดระหว่างเกรด G1 กับ G2 นอกจากนั้นยังเหลื่อมซ้อนกันกับเกรด G3 จึงทำให้ไม่สามารถแยกกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดออกจากกันได้อย่างชัดเจน ซึ่งเป็นความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากข้อจำกัดตามธรรมชาติของมนุษย์ เช่นเดียวกันกับที่เกิดขึ้นกับกรณีของการพิจารณาโดยผู้เชี่ยวชาญจากสหกรณ์การผลิตโคเนื้อโปนยางคำ เนื่องจากสายตาของมนุษย์จะไม่สามารถแปลผลค่าในเชิงคุณภาพจากการมองเห็น ให้ออกมาเป็นค่าในเชิงปริมาณได้โดยตรง รวมทั้งยังไม่สามารถทำซ้ำได้อย่างแม่นยำเหมือนกันทุกครั้ง (Inaccurate and non-repetitiveness)

นอกจากความสามารถในการแปลผลในเชิงสัมพัทธ์ที่สามารถระบุออกมาเป็นปริมาณเชิงคุณภาพ (Linguistic Description) ได้เท่านั้น เช่น มีค่าน้อยมาก, มีค่าน้อย, มีค่าปานกลาง, มีค่าสูงหรือมีค่าสูงมาก เป็นต้น อย่างไรก็ตามเพื่อให้สามารถเปรียบเทียบผลการจัดเกรดจากผู้เชี่ยวชาญกับผลการจัดเกรดด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพได้อย่างชัดเจนยิ่งขึ้น ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.4 จะถูกนำมาคำนวณหาอัตราส่วนระหว่างค่าเฉลี่ยต่อค่าความแปรปรวนของแต่ละกลุ่มตัวอย่าง เพื่อวัดแนวโน้มการเข้าสู่ศูนย์กลางของข้อมูลในแต่ละกลุ่มเปรียบเทียบกัน โดยที่อัตราส่วนดังกล่าวนี้ยังมีค่าสูงยิ่งดี ซึ่งแสดงถึงผลจากการจัดกลุ่มของข้อมูลที่ได้มีค่าความแปรปรวนต่ำหรือมีการเกาะกลุ่มกันดี ผลการคำนวณค่าอัตราส่วนดังกล่าวจากข้อมูลทางสถิติในตารางที่ 4.4 สามารถแสดงในเชิงเปรียบเทียบได้โดยกราฟแท่งดังรูปที่ 4.19



รูปที่ 4.19 การเปรียบเทียบอัตราส่วนระหว่างค่าเฉลี่ยต่อค่าความแปรปรวนของค่าเปอร์เซ็นต์ไขมันแทรกของกลุ่มตัวอย่างที่ได้จากการจัดเกรดโดยผู้เชี่ยวชาญกับการจัดเกรดด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพ

จากกราฟแท่งในรูปที่ 4.19 แสดงให้เห็นถึงแนวโน้มที่ไม่ดีในกรณีของการจัดเกรดโดยผู้เชี่ยวชาญ (กราฟแท่งสีเขียว) เมื่อเปรียบเทียบกับผลการจัดเกรดด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพ (กราฟแท่งสีน้ำเงิน) ในกรณีของการจัดเกรดโดยผู้เชี่ยวชาญ พบว่าข้อมูลมีแนวโน้มการเข้าสู่ศูนย์กลางน้อยกว่าหรือมีการเกาะกลุ่มกันน้อยกว่าค่าเฉลี่ยสังเกตได้จากกราฟแท่งสีเขียวมีค่าค่อนข้างต่ำเนื่องจากข้อมูลที่ถูกนำมาจัดเข้ากลุ่มมีความแปรปรวนสูงซึ่งหมายถึงคุณภาพในการจัดเกรดไม่ค่อยดีหรือมีความคลาดเคลื่อนสูง อย่างไรก็ตาม ด้วยสาเหตุจากข้อจำกัดทางด้านกายภาพของสายตามนุษย์ที่ไม่สามารถทำได้อย่างแม่นยำและเหมือนกันทุกครั้ง ดังที่ได้อธิบายในตอนต้น (เช่น

เดียวกันกับที่เกิดขึ้นในกรณีของการพิจารณาโดยผู้เชี่ยวชาญจากสหกรณ์การผลิตโคเนื้อโพนยางคำ) จึงทำให้คุณภาพการประเมินค่าระดับไขมันแทรกและการจัดเกรดโดยผู้เชี่ยวชาญ มีแนวโน้มการเข้าสู่ศูนย์กลางหรือมีการเกาะกลุ่มของข้อมูลต่ำกว่าแนวโน้มการเข้าสู่ศูนย์กลางของข้อมูลที่ได้รับการจัดกลุ่มด้วยการใช้เครื่องมือวัดผลการจัดเกรดเนื้อหรือการจัดกลุ่มข้อมูลโดยใช้เทคนิคประมวลผลภาพดังรูปที่ 4.18(b) นั้น สามารถสร้างขึ้นมาได้จากการกำหนดช่วงชั้นของค่าเปอร์เซ็นต์ระดับไขมันแทรกที่วัดออกมาได้ จากตัวอย่างทั้งหมดจำนวน 148 ตัวอย่าง โดยกำหนดจากค่าต่ำสุดและสูงสุดที่วัดได้ร่วมกับเกณฑ์การกำหนดจำนวนระดับชั้นคุณภาพ จากสหกรณ์การผลิตโคเนื้อกำแพงแสน ในกรณีนี้เกณฑ์กำหนดคุณภาพถูกกำหนดไว้ 6 ระดับชั้น คือ G0, G1, G2, G3, G4 และ G5 โดยค่าต่ำสุดและสูงสุดที่วัดได้จากตัวอย่างทั้งหมดคือ 4.63% และ 18.18% ตามลำดับซึ่งสามารถนำมาใช้กำหนดเปอร์เซ็นต์ของค่าระดับไขมันแทรกประจำแต่ละช่วงชั้นได้ ดังแสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 เกณฑ์การกำหนดระดับชั้นคุณภาพและค่าเปอร์เซ็นต์ระดับไขมันแทรกประจำแต่ละช่วงชั้น (KU)

เกรด (KU)	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	การกำหนดช่วงค่า%ในการจัดเกรด
G0	0%	5%	$0\% \leq G0 < 5\%$
G1	5%	10%	$5\% \leq G1 < 10\%$
G2	10%	15%	$10\% \leq G2 < 15\%$
G3	15%	20%	$15\% \leq G3 < 20\%$
G4	20%	25%	$20\% \leq G4 < 25\%$
G5	25%	-	$G5 \geq 25\%$

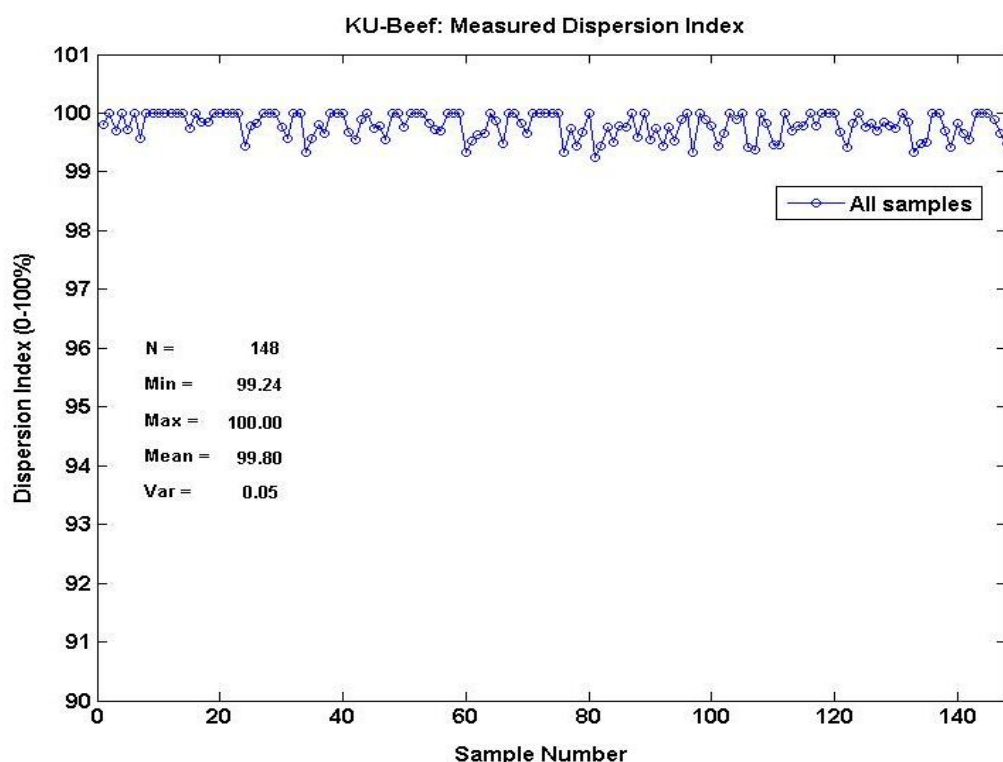
จากนั้นเมื่อนำเกณฑ์การกำหนดเกรดตามตารางที่ 4.5 มาเทียบกับค่าเปอร์เซ็นต์ระดับไขมันแทรกที่วัดค่าออกมาได้แล้ว ทำให้สามารถสร้างแผนภาพฮิสโตแกรมของการจัดเกรดด้วยเทคนิคประมวลผลภาพได้ดังรูปที่ 4.18 (b) นอกจากนั้น ยังสามารถแสดงผลการเปรียบเทียบจำนวนของตัวอย่างที่ได้จากการจัดเกรดจากทั้ง 2 วิธี ดังตารางที่ 4.6 ซึ่งผลของจำนวนตัวอย่างที่ได้แตกต่างกันนี้ ก่อให้เกิดความแตกต่างในการคิดมูลค่าทางเศรษฐกิจเนื่องจากมูลค่าที่แตกต่างของเนื้อแต่ละเกรดเช่นเดียวกันกับที่เกิดขึ้นในกรณีของเนื้อโพนยางคำ

ตารางที่ 4.6 เปรียบเทียบผลของการจัดเกรดโดยผู้เชี่ยวชาญ (KU-Beef) กับเทคนิคการประมวลผลภาพ

กลุ่มของข้อมูล (KU)	การจัดกลุ่มโดยผู้เชี่ยวชาญ (KU) (จำนวนตัวอย่าง)	การจัดกลุ่มโดย Image Analysis (จำนวนตัวอย่าง)
G0	-	2
G1	43	36
G2	61	99
G3	44	11
G4	-	-
G5	-	-
Total	148	148

4.4.2 ผลการวัดค่าดัชนีการกระจายตัวของไขมันแทรก (Dispersion Index Measurements)

นอกเหนือไปจากการวัดค่าปริมาณไขมันแทรกซึ่งเป็นดัชนีหลักสำหรับใช้ประเมินคุณภาพและกำหนดเกรดเนื้อแล้ว การประเมินคุณภาพจากการวัดการกระจายตัวของไขมันแทรกอาจใช้เป็นดัชนีในการกำหนดคุณภาพเพิ่มเติมได้ ซึ่งในการวัดค่าดัชนีการกระจายตัวของไขมันแทรกนั้นจะใช้ค่าที่วัดได้จากการประมวลผลภาพ คือ ฮิสโตแกรมของค่าความหนาแน่นของจุดภาพสีขาว (White pixels) บนพื้นที่ที่ทำการวิเคราะห์ (ROI) ของภาพทั้งในแนวตั้งและในแนวนอนมาคำนวณ (โดยใช้สมการที่ (3) ในบทที่ 3) จากภาพจำนวนทั้งหมด 148 ตัวอย่าง แล้วนำค่ามาพล็อตกราฟเพื่อดูแนวโน้มของค่าดัชนีการกระจายตัวของไขมันแทรกจากทุกกลุ่มตัวอย่างของ KU-Beef ซึ่งแสดงได้ดังรูปที่ 4.20

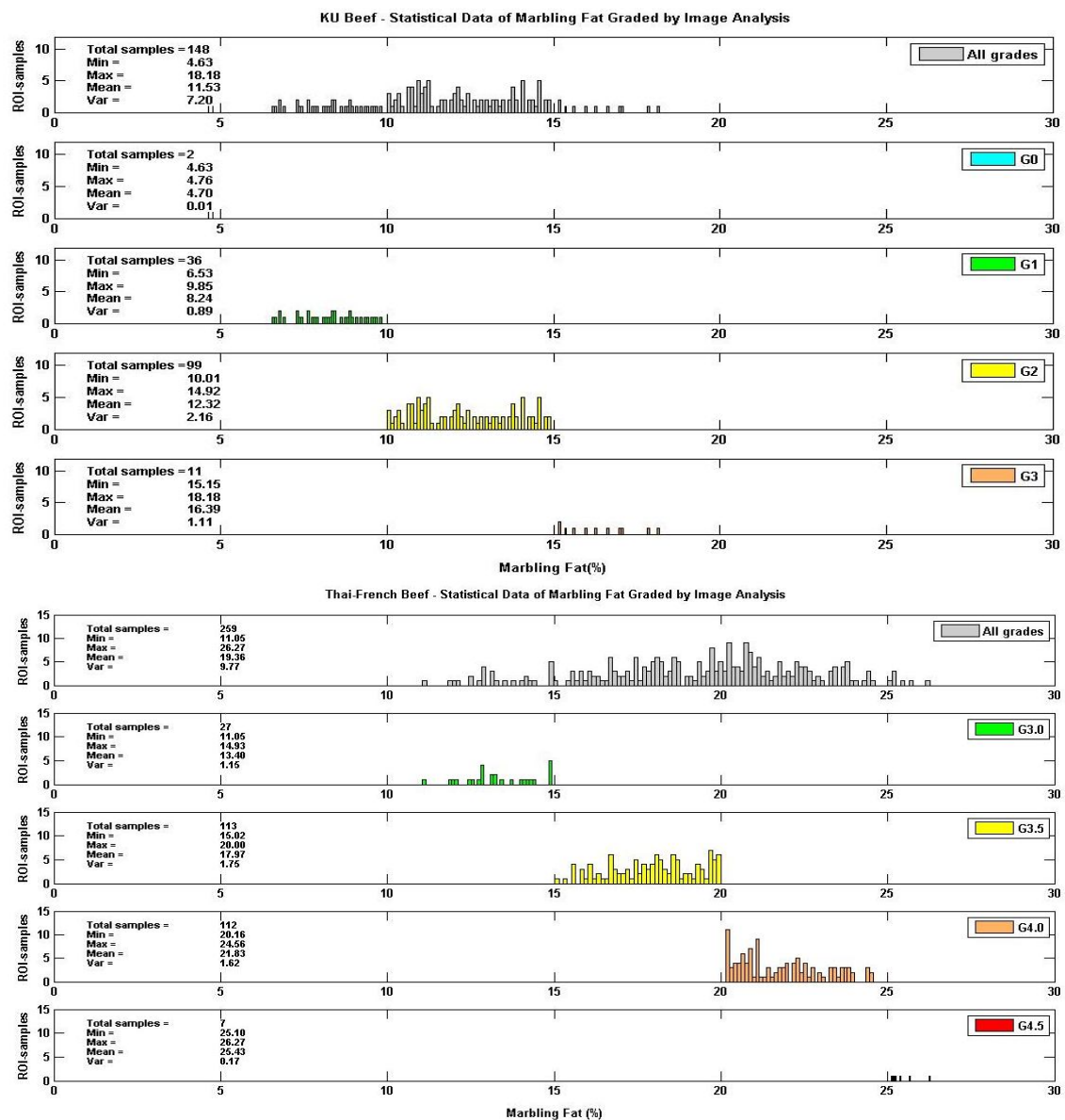


รูปที่ 4.20 ผลการวัดค่าการกระจายตัวของไขมันแทรก (Dispersion Index) ของกลุ่มตัวอย่าง KU-Beef

จากกราฟในรูปที่ 4.20 แสดงให้เห็นถึงแนวโน้มของค่าดัชนีการกระจายตัวของไขมันแทรกซึ่งพบว่า กลุ่มตัวอย่างทั้งหมดมีค่าดัชนีการกระจายตัวของไขมันแทรกที่ต่ำมาก โดยมีค่าเฉลี่ยรวมสูงเกินกว่า 99% มีค่าต่ำสุดที่ 99.24% และมีค่าความแปรปรวนรวมต่ำมากคือ 0.05 จึงอาจกล่าวโดยสรุปได้ว่า กลุ่มตัวอย่างทั้งหมดมีค่าดัชนีการกระจายตัวของไขมันแทรกที่สูงมากเกินกว่า 90% ทั้งกลุ่มเปอร์เซ็นต์ไขมันแทรกต่ำและกลุ่มเปอร์เซ็นต์ไขมันแทรกสูง ดังนั้นการใช้ค่าดัชนีการกระจายตัวของไขมันแทรกมาเป็นตัววัดหรือเป็นปัจจัยเพิ่มเติมในการพิจารณากำหนดคุณภาพเนื้อจึงไม่มีความจำเป็นสำหรับกรณีของตัวอย่างจากสหกรณ์การผลิตโคเนื้อกำแพงแสน เช่นเดียวกันกับกรณีจากตัวอย่างจากสหกรณ์โคเนื้อโพยางคำ

4.5 เปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์ระดับไขมันแทรกระหว่างเนื้อโคโพนยางคำกับเนื้อโคกำแพงแสน

เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบค่าปริมาณไขมันแทรกในเนื้อในภาพรวมได้จากตัวอย่างของสหกรณ์ผู้ผลิตโคเนื้อทั้งสองแห่ง ดังนั้นจึงต้องนำผลการวัดค่าเปอร์เซ็นต์ของระดับไขมันแทรกที่ได้จากข้อมูลดิบและกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการจัดเกรดด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพจากการทดลองในหัวข้อที่ 4.2.3 และ 4.2.4 มาเปรียบเทียบกันแสดงดังรูปที่ 4.21 ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยของระดับไขมันแทรกจากสหกรณ์ผู้ผลิตโคเนื้อโพนยางคำมีค่าสูงกว่าค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยของระดับไขมันแทรกจากสหกรณ์ผู้ผลิตโคเนื้อกำแพงแสน (TF = 19.36 %, KU = 11.53%)



รูปที่ 4.21 เปรียบเทียบค่าปริมาณไขมันแทรกในเนื้อในภาพรวมจากตัวอย่างของสหกรณ์ผู้ผลิตโคเนื้อกำแพงแสน (KU-beef) และสหกรณ์ผู้ผลิตโคเนื้อโพนยางคำ (Thai-French Beef)

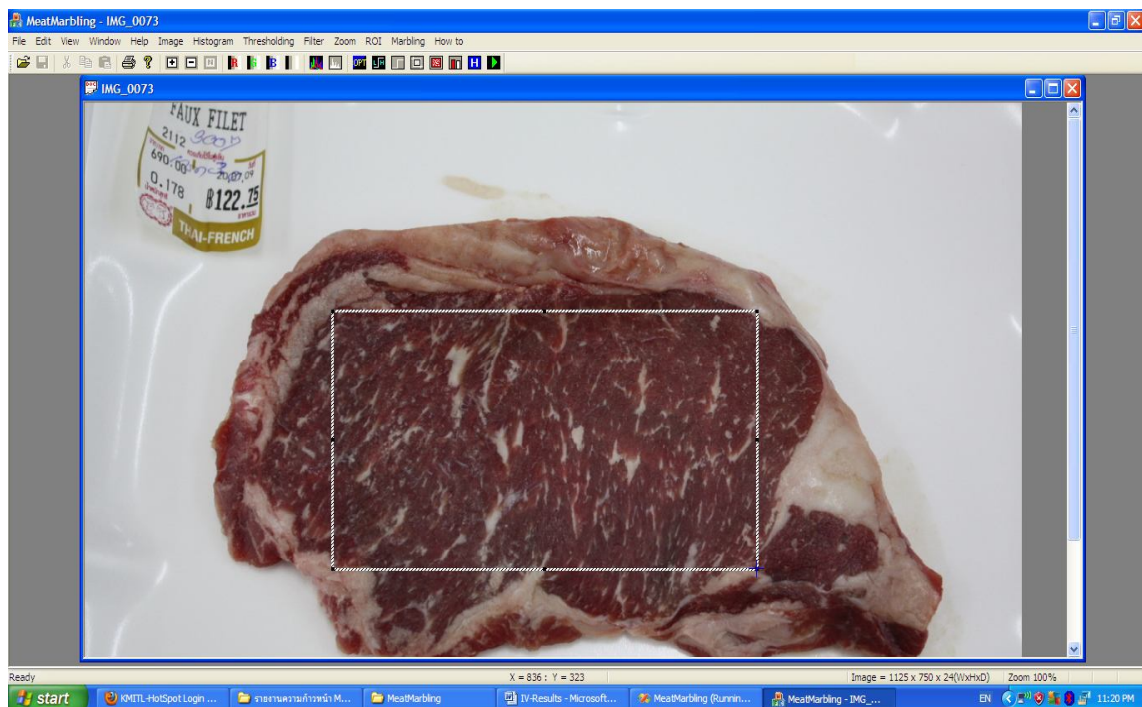
4.6 การทดสอบซอฟต์แวร์ที่สร้างขึ้น (Meat Marbling 1.0) กับภาพตัวอย่างจริง

ระเบียบวิธีการคำนวณค่าเปอร์เซ็นต์ไขมันแทรกในเนื้อ โดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพดังที่ได้รับการทดสอบในหัวข้อที่แล้ว ได้นำมาพัฒนาเป็นซอฟต์แวร์ประยุกต์ (Application software) สำหรับใช้งานจริงบนระบบปฏิบัติการ Windows-XP โดยชุดที่พัฒนาขึ้นสำหรับใช้ในงานวิจัยนี้ได้กำหนดชื่อไว้คือ Meat Marbling 1.0 ซึ่งเป็นรุ่นแรก (Version 1.0) ที่สร้างขึ้นด้วยภาษา Microsoft Visual C++ บนชุดพัฒนาซอฟต์แวร์ Microsoft Visual Studio.NET 2008 ทำงานบนระบบปฏิบัติการ Windows-XP

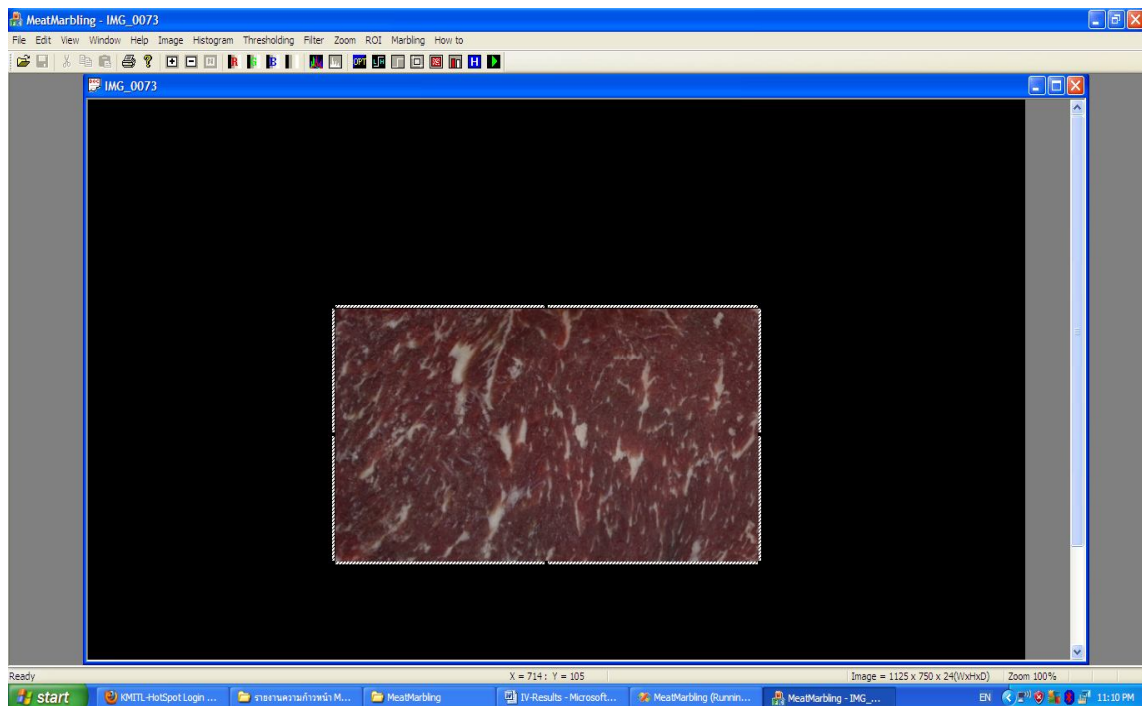
ผลการทดสอบการทำงานกับภาพตัวอย่างจริงจาก Thai-French Beef และ KU-Beef สามารถแสดงลำดับการทำงานตามขั้นตอนได้ดังนี้

4.6.1 ผลการทดสอบการทำงาน Meat Marbling 1.0 (ก่อนการปรับปรุง)

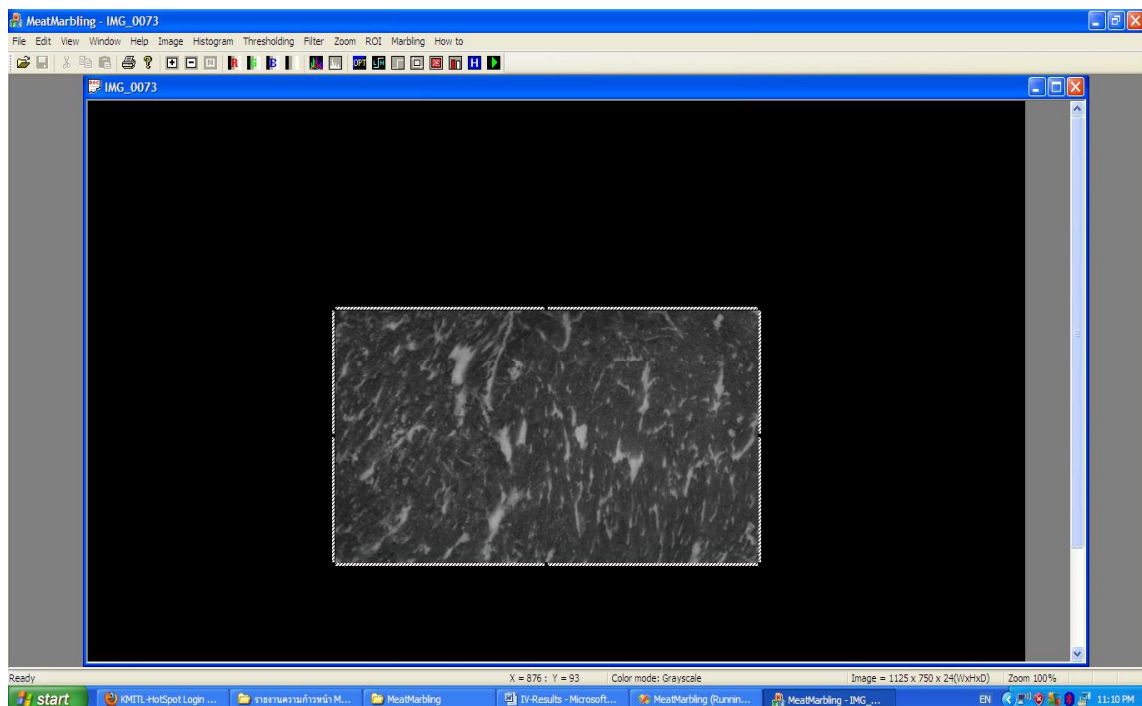
ขั้นตอนที่ 1. เปิดโปรแกรมประมวลผลภาพที่สร้างขึ้นและเปิดไฟล์ภาพตัวอย่างที่จะทำการวิเคราะห์ จากนั้นเลือกบริเวณที่สนใจ (ROI) ที่จะทำการวิเคราะห์ด้วย Mouse (Point + Drag + Release) จะได้บริเวณกรอบสี่เหลี่ยมดังรูป



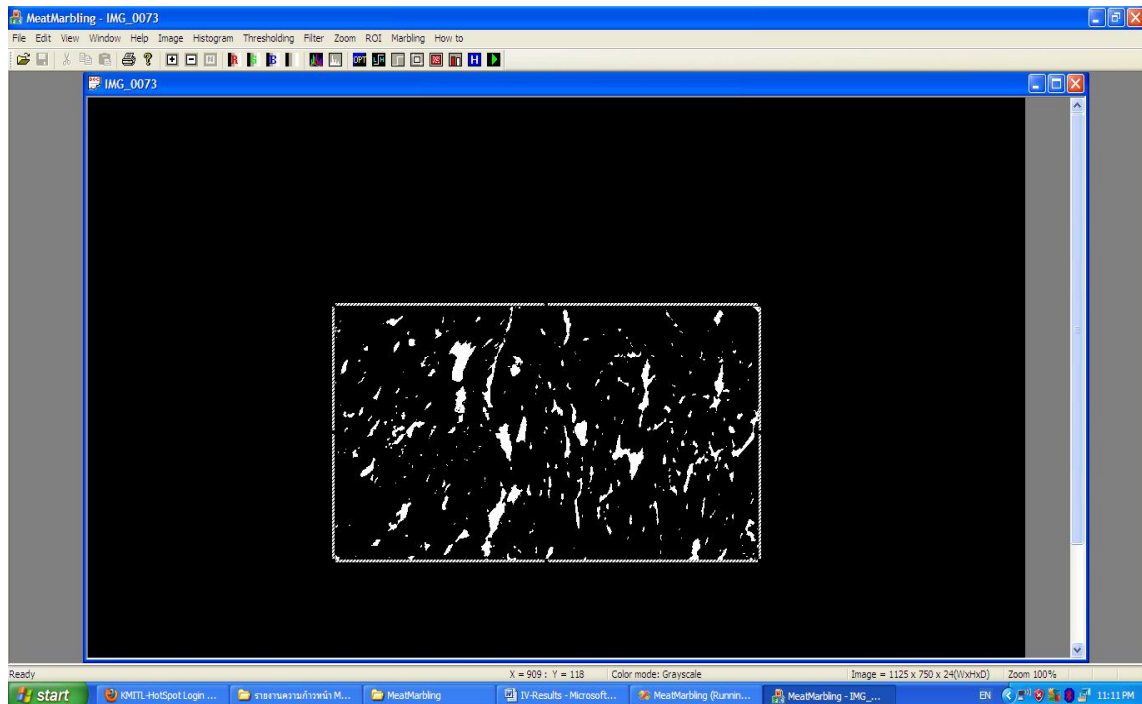
ขั้นตอนที่ 2. Click ปุ่มกดคำสั่ง Crop บน Tool bar เพื่อทำการเลือกเฉพาะบริเวณที่สนใจ(ROI)



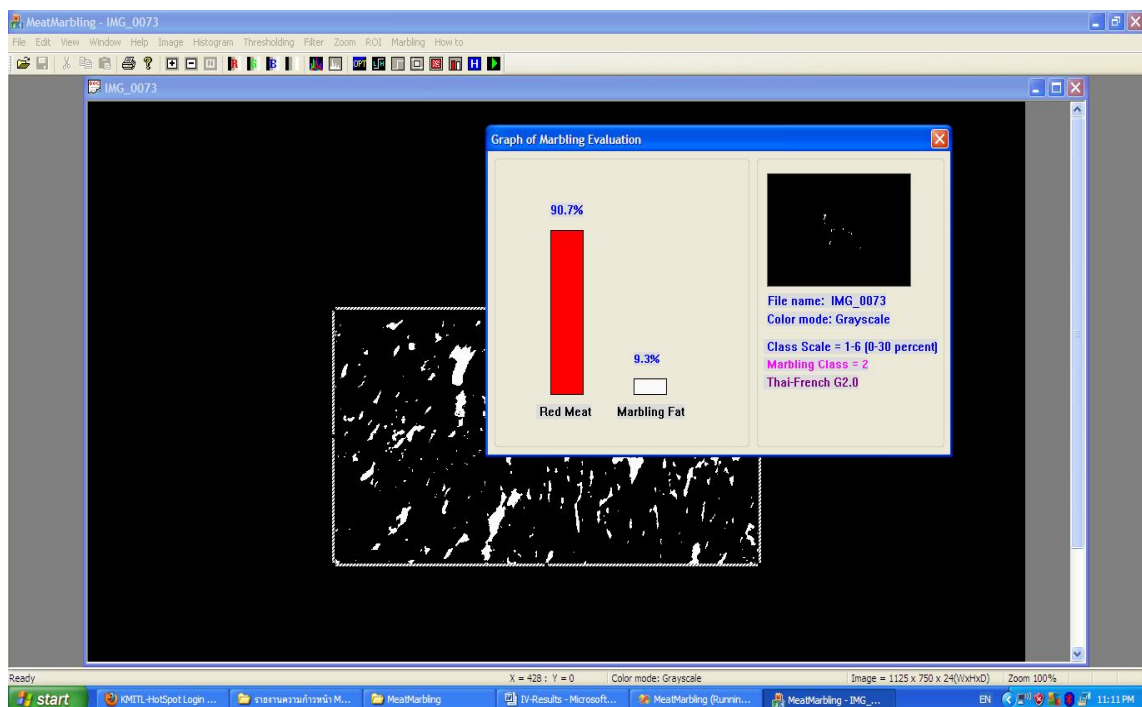
ขั้นตอนที่ 3. แปลงให้เป็นภาพระดับสีเทาด้วยการ Click ปุ่มกดคำสั่ง Grayscale บน Tool bar



ขั้นตอนที่ 4. คำนวณหาค่า Threshold และ Binarize ภาพระดับสีเทาใน ROI ด้วยการ Click ปุ่มกดคำสั่ง Crop + Auto หรือ Click ปุ่มกดคำสั่ง Optimize แล้วตามด้วยคำสั่ง Threshold บน Tool bar

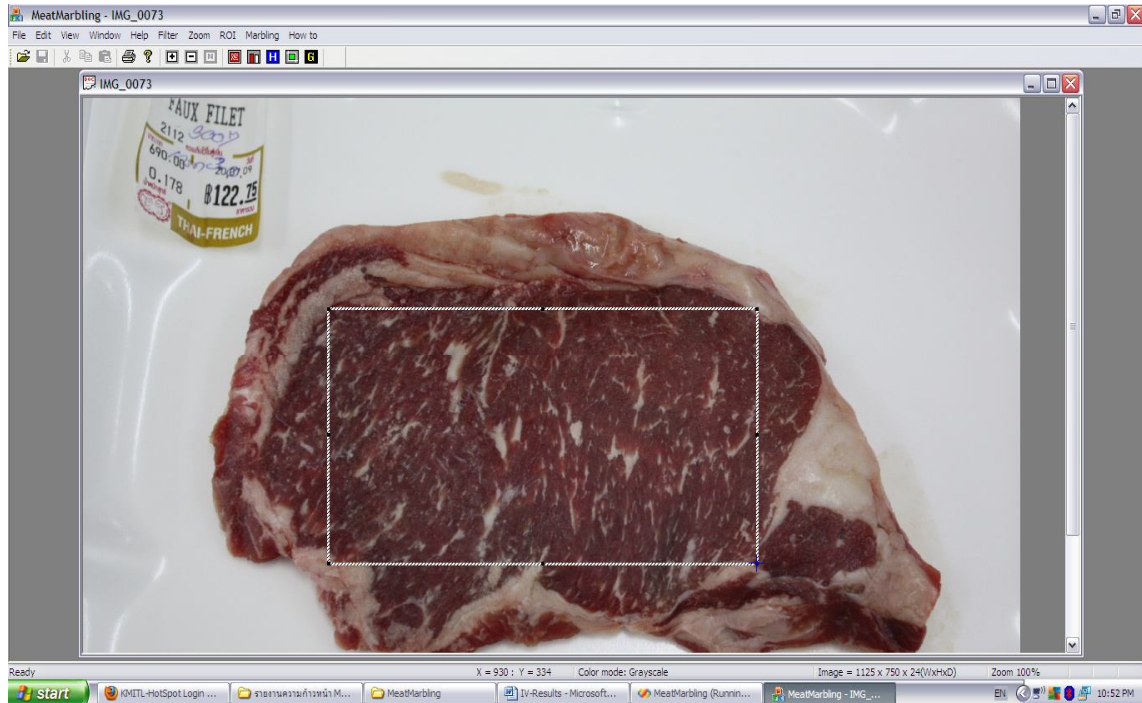


ขั้นตอนที่ 5. คำนวณหาค่า Marbling Fat และประเมินหาระดับเกรดด้วยการ Click ปุ่มกดคำสั่ง Marbling Evaluation บน Tool bar โปรแกรมจะทำการคำนวณและจัดเกรดพร้อมกับแสดงผลทันทีดังรูป

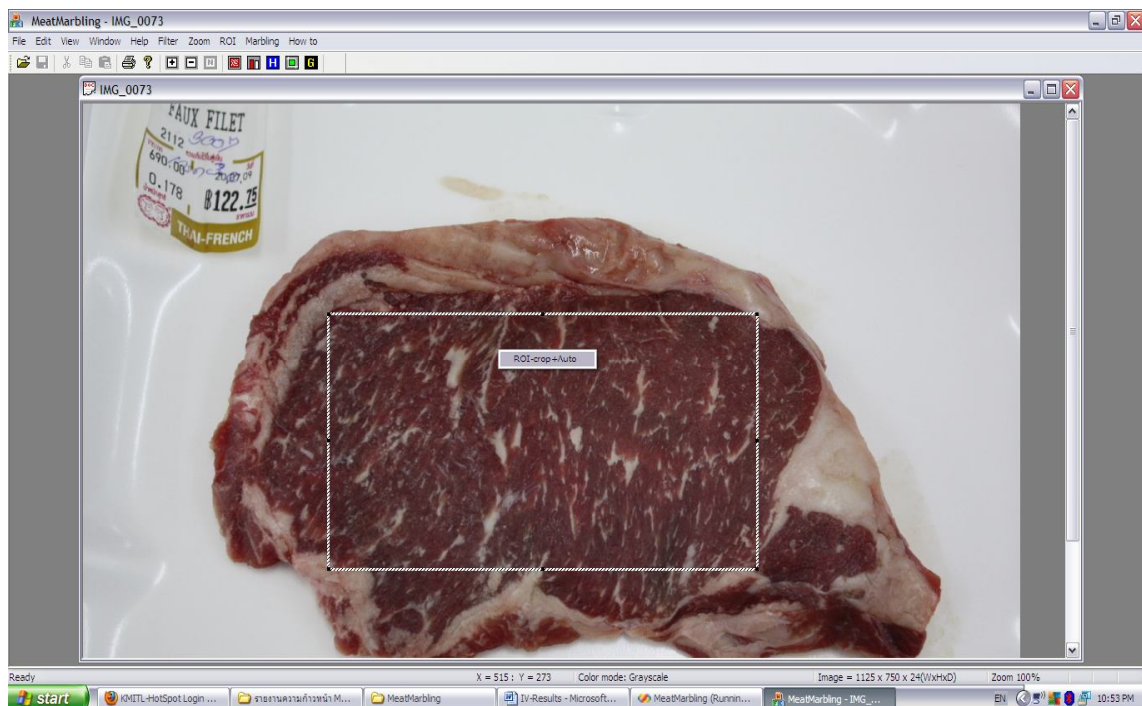


4.6.2 ผลการทดสอบการทำงาน Meat Marbling 1.0 (หลังการปรับปรุง)

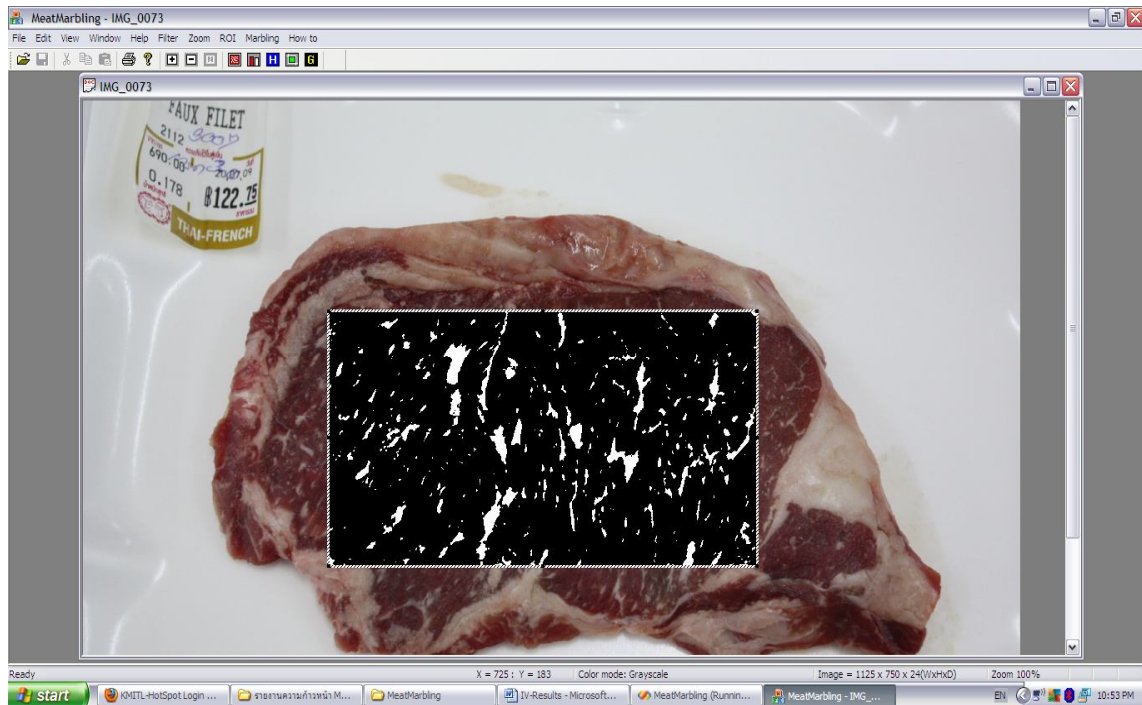
ขั้นตอนที่ 1. เปิดโปรแกรมประมวลผลภาพและเปิดไฟล์ภาพตัวอย่างที่จะทำการวิเคราะห์จากนั้นเลือกบริเวณที่สนใจ (ROI) ที่จะทำการวิเคราะห์ด้วย Mouse (Point + Drag + Release) จะได้บริเวณกรอบสี่เหลี่ยมดังรูป



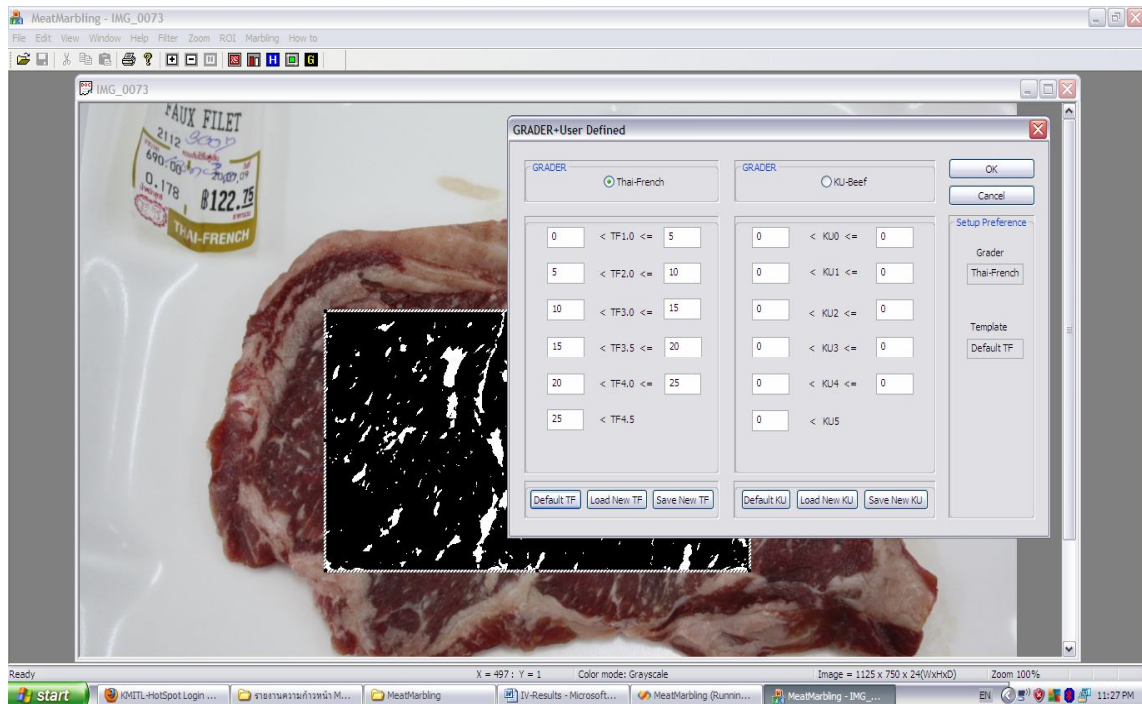
ขั้นตอนที่ 2. Click ปุ่มกดคำสั่ง Crop บน Tool bar หรือปุ่มขวาบน Mouse เพื่อทำการเลือกบริเวณที่สนใจ (ROI)



ขั้นตอนที่ 3. ซอฟต์แวร์จะทำการคำนวณหาส่วนที่เป็นไขมันแทรกโดยอัตโนมัติดังรูป



ขั้นตอนที่ 4. เปิดหน้าต่างเลือกเกณฑ์การกำหนดเกรดจากการกดปุ่มบน Tool bar ดังรูป เลือกเกณฑ์ ในที่นี้ได้ ออกแบบให้เลือกเกณฑ์ได้ 2 แบบคือ TF และ KU เมื่อเลือกแล้ว หลังจากนั้นกดปุ่ม OK



ขั้นตอนที่ 5. แสดงค่า Marbling Fat (%) ที่วัดได้และระดับเกรด ด้วยการ Click ปุ่มกดคำสั่ง Marbling Evaluation บน Tool bar โปรแกรมจะทำการคำนวณและจัดเกรดพร้อมกับแสดงผลหน้าต่างดังรูป



5. สรุปผลการทดลองและวิจารณ์

ผลการวิจัยวิธีการวัดปริมาณไขมันแทรกในเนื้อโดยเทคนิควิเคราะห์และประมวลผลภาพที่พัฒนาขึ้นสามารถสรุปแยกออกได้เป็นสองส่วนได้แก่ ส่วนแรกเป็นการสรุปผลจากการวัดและวิเคราะห์ปริมาณไขมันแทรกด้วยเทคนิคประมวลผลภาพ และส่วนที่สองเป็นการสรุปผลจากการใช้งานซอฟต์แวร์ค้นแบบดังกล่าวในทางปฏิบัติโดยผู้ที่เกี่ยวข้องในการวัดปริมาณไขมันแทรกและประเมินเพื่อจัดระดับคุณภาพเนื้อโคดังนี้

5.1 สรุปผลการวัดปริมาณไขมันแทรกด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพ

จากการทดสอบวิธีการหาปริมาณไขมันแทรกด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพกับภาพสแกนที่ทำการกำหนดขนาดของสัดส่วนระหว่างพื้นที่สีขาว (แทนปริมาณไขมันแทรก) กับสีดำ (แทนปริมาณเนื้อแดง) ที่ขนาด 50 เปอร์เซ็นต์พร้อมกับการกระจายของพื้นที่สีขาวแตกต่างกัน 18 รูปแบบ พบว่าสามารถคำนวณหาสัดส่วนปริมาณพื้นที่สีขาวกับสีดำได้อย่างถูกต้องและสามารถประเมินหาขนาดหรือดัชนีการกระจายตัวของพื้นที่สีขาวได้สอดคล้องกับรูปแบบการกระจายตัวโดยกำหนดให้ค่าการกระจายตัวอยู่ระหว่าง 0-100 % แทนค่าต่ำสุดและสูงสุดตามลำดับ ผลการทดสอบกับข้อมูลภาพจริงจาก Thai-French Beef จำนวน 259 ตัวอย่างที่ได้รับการประเมินและจัดเกรดโดยผู้เชี่ยวชาญไว้แล้วโดยกำหนดเป็นเกรด G3.0, G 3.5, G4.0 และ G4.5 คิดเป็นจำนวน 31 % , 53% , 13% และ 3% ของปริมาณตัวอย่างทั้งหมดตามลำดับ เมื่อทำการวัดหาปริมาณไขมันแทรกด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพแล้วพบว่า จำนวนตัวอย่างทั้งหมดมีปริมาณของไขมันแทรกอยู่ระหว่าง 11.05% - 26.27% และเมื่อใช้เกณฑ์การจัดกลุ่มแบบเดิม พบว่าปริมาณตัวอย่างสำหรับเกรด G3.0 G 3.5 G4.0 และ G4.5 เปลี่ยนเป็น 10 % , 44%, 43% และ 3% ของปริมาณตัวอย่างทั้งหมดตามลำดับ นอกจากนั้นค่าการกระจายตัวของไขมันแทรกที่วัดได้มีค่าอยู่ในช่วง เกินกว่า 90% ในทุกกลุ่มซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ดีมาก (มากกว่า 50%) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกลุ่มที่มีปริมาณไขมันแทรกอยู่สูง ส่วนผลการทดลองกับข้อมูลภาพจริงจาก KU-Beef จำนวน 148 ตัวอย่างที่ได้รับการประเมินและจัดเกรดโดยผู้เชี่ยวชาญไว้แล้วโดยกำหนดเป็นเกรด G1, G2 และG3 คิดเป็นจำนวน 29% , 41% , และ 30% ของปริมาณตัวอย่างทั้งหมดตามลำดับ เมื่อทำการวัดหาปริมาณไขมันแทรกด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพแล้วพบว่า จำนวนตัวอย่างทั้งหมดมีปริมาณของไขมันแทรกอยู่ระหว่าง 4.63% - 18.18% และเมื่อใช้เกณฑ์การจัดกลุ่มแบบเดิม พบว่าปริมาณตัวอย่างสำหรับเกรด G0, G1, G2 และ G3 เปลี่ยนเป็น 1%, 25 % , 67% และ 7% ของปริมาณตัวอย่าง KU-Beef ทั้งหมดตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่าปริมาณไขมันแทรกที่วัดได้โดยเฉลี่ยทั้งหมดจากกลุ่มตัวอย่าง Thai-French Beef และ KU-Beef พบว่า ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ระดับไขมันแทรกในเนื้อของกลุ่มตัวอย่าง Thai-French Beef มีค่ามากกว่าค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ระดับไขมันแทรกในเนื้อของกลุ่มตัวอย่าง KU-Beef ($TF = 19.36 \% > KU = 11.53\%$) ซึ่งเป็นความแตกต่างที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติของโคเนื้อต่างสายพันธุ์กัน (และอาจมีส่วนจากการเลี้ยงเพื่อให้มีการเพิ่ม

สะสมของปริมาณไขมันแทรกด้วย) รวมทั้งค่าดัชนีการกระจายตัวของไขมันแทรกที่วัดได้ (Dispersion index) มีค่าเกินกว่า 90% ในทุกตัวอย่างซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ดีมาก เช่นเดียวกันกับกรณีของเนื้อ Thai-French Beef ดังนั้นจึงไม่มีความจำเป็นต้องใช้ค่าดัชนีการกระจายตัวของไขมันแทรกมาพิจารณาในการจัดเกรดคุณภาพเนื้อร่วมกับค่าเปอร์เซ็นต์ระดับไขมันแทรกซึ่งเป็นตัวแปรหลักที่ใช้กันอยู่แล้ว นอกจากนั้นผลการวิเคราะห์ทางสถิติแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างระหว่างกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการจัดเกรด จากการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ กับกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการจัดเกรดโดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพ โดยผลการจัดเกรดโดยผู้เชี่ยวชาญจากทั้งสองสหกรณ์ (TF และ KU) นั้น ส่วนใหญ่มีความไม่สอดคล้องกับค่าปริมาณไขมันแทรกที่วัดได้และมีค่าความแปรปรวนของข้อมูลอยู่สูง ทำให้ไม่สามารถแยกกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดออกจากกันเป็นแต่ละเกรดได้อย่างชัดเจน ซึ่งเป็นความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากข้อจำกัดตามธรรมชาติของมนุษย์เนื่องจากสายตาของมนุษย์จะไม่สามารถแปลผลค่าในเชิงคุณภาพจากการมองเห็นให้ออกมาเป็นค่าในเชิงปริมาณได้โดยตรง รวมทั้งยังไม่สามารถทำซ้ำได้อย่างแม่นยำเหมือนกันทุกครั้ง ส่วนวิธีการใช้เครื่องมือวัดซึ่งในที่นี้คือ การใช้เทคนิคประมวลผลภาพในการวัดค่าปริมาณไขมันแทรกและจัดเกรดนั้น มีค่าความแปรปรวนของข้อมูลต่ำกว่าจึงทำให้สามารถกำหนดและแยกเกรดได้ดีกว่าการใช้สายตาตามมนุษย์แต่เพียงอย่างเดียว อย่างไรก็ตามความถูกต้องของผลการทดสอบดังกล่าวยังขึ้นอยู่กับปัจจัยสำคัญ 2 ประการ คือวิธีการกำหนดค่า Threshold สำหรับการแบ่งภาพ ROI ออกเป็นพื้นที่สีขาวและดำและตำแหน่งการเลือกบริเวณที่สนใจ ROI ภายในพื้นที่หน้าตัดของภาพตัวอย่างที่จะทำการวัดและวิเคราะห์ ซึ่งแนวทางที่น่าสนใจในการพัฒนาเพิ่มเติม เพื่อให้การวัดปริมาณไขมันแทรกและการจัดเกรดด้วยเทคนิคประมวลผลภาพสมบูรณ์แบบยิ่งขึ้นได้แก่ เทคนิคการเลือกพื้นที่ที่สนใจ (ROI) ในบริเวณ Rib-eye โดยการตัดขอบที่เป็นไขมันล้อมรอบบริเวณ Rib-eye ออกเองแบบอัตโนมัติ, การกำหนดค่าการตัดระดับพื้นที่สีขาวและดำแบบเหมาะสม (Optimal Threshold Level Determination) รวมทั้งการจัดเกรดเนื้อ ด้วยการนำเทคนิคทางด้านปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence: AI) มาใช้ เช่น โครงข่ายประสาทเทียม (Neural Network) และ Fuzzy Logic เป็นต้น ดังนั้นการทำให้วิธีการวัดและประเมินด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพมีความถูกต้องมากขึ้น จึงเน้นหนักที่การปรับปรุงและค้นหาเทคนิคใหม่ๆ มาประยุกต์ใช้ นอกจากนั้นถ้าใช้ตัวอย่างเนื้อให้ครอบคลุมมากขึ้นทั้งปริมาณและประเภทของตัวอย่างโดยเฉพาะอย่างยิ่งประเภทของเนื้อโคจากกลุ่มเกษตรกรต่างๆ จะทำให้สามารถเห็นภาพรวมของคุณภาพเนื้อโคในประเทศไทยได้ดียิ่งขึ้น

5.2 สรุปผลการใช้งานซอฟต์แวร์ต้นแบบการวัดปริมาณไขมันแทรกโดยผู้ใช้งานทางปฏิบัติ

ซอฟต์แวร์ประมวลผลภาพที่พัฒนาขึ้นสำหรับใช้วัดปริมาณไขมันแทรกในเนื้อโคในงานวิจัยนี้ ได้รับการทดสอบการใช้งานในทางปฏิบัติจริงโดยผู้ใช้งานภาคสนามที่มีหน้าที่ในการประเมินและจัดเกรดเนื้อโคจากสหกรณ์โคเนื้อโพธิ์ยางคำ ศูนย์รังสิต กรุงเทพมหานคร ซึ่งเป็นศูนย์กลางในการกระจายสินค้าเนื้อโคตัดแต่งของสหกรณ์ฯ ไปยังผู้จำหน่ายและผู้บริโภครายย่อยทั่วกรุงเทพฯ ดังนั้นจึงมีปริมาณเนื้อโคที่ต้องประเมินคุณภาพเพื่อจัดเกรดและทำการบรรจุลงในบรรจุภัณฑ์เป็นจำนวนมาก ซึ่งเป็นโอกาสที่ดีที่

จะได้ทดสอบการใช้งานซอฟต์แวร์ต้นแบบที่ได้พัฒนาขึ้นอย่างเต็มที่ เพื่อประเมินหาข้อดีและข้อบกพร่องต่างๆที่อาจเกิดขึ้นจากการใช้งาน ซึ่งผลการทดสอบการใช้งานจริงจากภาคสนามจะถูกรวบรวมและนำมาวิเคราะห์เพื่อหาจุดบกพร่องของตัวซอฟต์แวร์ในแง่มุมต่างๆเพื่อใช้ในการแก้ไขและปรับปรุงให้ดีขึ้นในโอกาสต่อไป สำหรับโครงการวิจัยนี้ได้รับรวบรวมผลการทดสอบจากการใช้งานจริงในภาคสนามและสรุปผลเพื่อการปรับปรุงดังนี้

หลังจากการนำซอฟต์แวร์ต้นแบบ Meat Marbling 1.0 ไปให้ผู้เชี่ยวชาญและเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องกับการประเมินและจัดเกรดเนื้อโคที่สหกรณ์โคนมโพธิ์ยางคำ ศูนย์รังสิต กรุงเทพฯ ทดลองใช้งานเป็นระยะเวลาประมาณ 1 เดือน สามารถสรุปผลแยกออกได้เป็นสองส่วนได้แก่

(1) สรุปผลทดสอบการทำงานในเชิงเทคนิค

จากการทดลองใช้งานในเบื้องต้นภายในระยะเวลาประมาณ 1 เดือนยังไม่พบปัญหาจากตัวซอฟต์แวร์ต้นแบบในเชิงเทคนิค จึงคาดว่าจะสามารถนำไปใช้งานได้เต็มรูปแบบหลังจากการสรุปปิดโครงการวิจัยนี้ได้

(2) สรุปผลทดสอบการใช้งานจากผู้ใช้และข้อเสนอแนะ

จากรูปแบบการทำงานและวิธีการใช้งานของซอฟต์แวร์ต้นแบบมีขั้นตอนที่ไม่ยุ่งยากจึงทำให้ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจที่จะใช้ อย่างไรก็ตาม จากการสอบถามผู้ใช้งานถึงความต้องการอื่นๆที่อยากให้มีการเพิ่มเติมหรือพัฒนาเพิ่มเติมได้แก่ การสร้างชุดอุปกรณ์เสริมสำหรับใช้เป็นที่ถ่ายภาพเนื้อโดยเฉพาะ ซึ่งประกอบด้วยแท่นวางตัวอย่างเนื้อที่มีการติดตั้งกล้องถ่ายภาพดิจิทัลพร้อมชุดโคมไฟที่ให้แสงสว่างในลักษณะที่เป็นแสงแบบ Diffusion light และโดมครอบพลาสติกเพื่อตัดแสงรบกวนจากภายนอกซึ่งจะทำให้ข้อมูลภาพที่ได้จากการถ่ายภาพทุกครั้งมีระยะภาพและสภาพแสงที่สามารถควบคุมได้ จากนั้นมีการติดตั้งคอมพิวเตอร์ที่มีซอฟต์แวร์ต้นแบบติดตั้งไว้ด้วยกันเพื่อให้สามารถเป็นชุดสำหรับการวัดปริมาณไขมันแทรกและจัดเกรดเนื้อได้ครบในตัว

6. เอกสารอ้างอิง

- Monin, G. 1998. "Recent Methods for Predicting Quality of Whole Meat". **Meat Science**.49 (Suppl.1) : s231-s243.
- Meat Technology Update: Newsletter 2/04. 2004. "Visual Assessment of Marbling and Meat Colour". Australian Food Industry Science Centre. (Available : <http://www.meatupdate.csiro.au>)
- Meat Technology Update: Newsletter 3/05. 2005. "Marbling and Quality of Beef". Australian Food Industry Science Centre. (Available : <http://www.meatupdate.csiro.au>)
- Japan Meat Grading Association. 1998. "New Standard on Meat Trading". Japan Meat Grading Association. Tokyo. Japan
- United States Department of Agriculture (USDA). 1996. "Standards for Grades of Slaughter Cattle and Standards for Grades of Carcass Beef". Agricultural Marketing Services. Washington D.C., USA.
- Meat Standard Australia. (Available: <http://www.mla.com.au>)
- New Zealand Meat Board. "New Zealand Meat Guide to Beef Carcass Classification". (Available: <http://www.nzmeatboard.org> and <http://www.meatandwoolnz.com>)
- Tan, J. 2004. "Meat Quality Evaluation by Computer Vision". **Journal of Food Engineering**.61: 27-35.
- Sadasivan, S. and Gramopadhye, A.K. 2007. "Can We Use Technology to Train Inspectors to Be More Systematic? ". Pp. 959-968. in: Proceedings of Digital Human Modeling, HCII-2007, 2007
- Brosnan, T. and Sun, D.W. 2004. "Improving Quality Inspection of Food Products by Computer Vision: A Review". **Journal of Food Engineering**.61: 3-16.
- Toraichi, K. Kwan, H. Katagishi, K. Sukiya, T. Wada, K. Mitsumoto, M. Nakai, H. and Yoshikawa, F. 2002. "On a Fluency Image Coding System for Beef Marbling Evaluation". **Pattern Recognition Letters**.23: 1277-1291.
- Basset, R. Gallivan, P. Gao, X. Heinen, E. and Sakalaspur, K. 2002. "Development of an Automated Coin Grader: A Progress Report". in: Proceedings of MASPLAS-02, April 19, 2002; Pace University

- Frederick, K.R. “Meat Inspection and Grading: ANSI-3974”. Oklahoma Cooperative Extension Service Fact sheets Oklahoma Cooperative Extension Service, Oklahoma USA.
(Available: <http://osufacts.okstate.edu>)
- Tatum, D. “Beef Grading, Beef Facts: Product Enhancement”. National Cattlemen’s Beef Association, USA.
(Available: <http://www.beefresearch.org>)
- Information about Wagyu and Kobe beef (Available: <http://www.kobebeef-info.com> and <http://www.wagyu.org/JapanLabeling01.doc>)
- Chandraratne, M.R. Samarasighe, S. Kulasiri, D. Framton, C. and Bickerstaffe, R. 2003. “Determination of Lamb Grades using Texture Analysis and Neural Networks”. in: Proceedings of the 3rd IASTED International Conference-Visualization, Imaging and Image Processing, September 8-10, 2003; Benalmadena, Spain.
- มาตรฐานสินค้าปศุสัตว์ .กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (<http://www.dld.go.th/qcontrol>)
- สหกรณ์โคเนื้อกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (<http://www.kubeef.com>)
- สหกรณ์ผู้ผลิตเนื้อโคโพนยางคำ (<http://ponyangkham.com>)
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (http://www.tisi.go.th/index_t.html)
- สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (มกอช) (<http://www.acfs.go.th>)
- Japan Meat Grading Association. 1988. “Japan Carcass Grading Standards”. Japan Meat Grading Association, Tokyo, Japan
- Murasawa, N. Kuchida, K. Nakahashi, Y. Hori, T. and Kato, K. 2008. “Relationship Between Image Analysis Traits and Fatty Acid Composition of Lateral and Medial Areas of Rib Eye in Japanese Black Steers”. in: Proceedings of the 13th Animal Science Congress of Animal Production Societies (AAP-2008), September 22-26, 2008; Hanoi, Vietnam
- Herrero, A.M. 2008. “Raman Spectroscopy a Promising Technique for Quality Assesment of Meat and Fish: A Review”. **Food Chemistry**.107: 1642-1651.
- Kushida, K. Tsuruta, S. Vleck Van, V.D. Suzuki, M. and Miyoshi ,S. 1999. “Prediction Method of Beef Marbling Standard Number using Parameters obtained from Image Analysis for Beef Ribeye”. **Journal of Animal Science**.70 (3): 107-112.

- Kushida, K. Kono, S. Konishi, K. Vleck Van, V.D. Suzuki, M. and Miyoshi, S. 2000. "Prediction of Crude Fat Content of LS-Muscle of Beef using the Ratio of Fat Area Calculated from Computer Image Analysis: Comparison of Regression Equations for Prediction using Different Input Devices at Different Stations". **Journal of Animal Science**.78: 799-803.
- Slosarz, P. Stanisiz, M. Pietrzak, M. Gut, A. Lycznski, A. and Steppa, R. 2004. "The Use of Computer Image Analysis for Evaluation of Selected Meat Quality Indices in Lambs". **Arch. Tierz, Dummerstorf**. 47 (Special Issue): 169-174.
- Shiranita, K. Hayashi, K. Otsubo, A. Miyajima, T. and Takiyama, R. 2000. "Grading Meat Quality by Image Processing". **Pattern Recognition**.33: 97-104.
- Qiao, J. Ngadi, M.O. Wang, M. Gariepy, C. and Prasher, S.O. 2007. "Pork Quality and Marbling Level Assessment using a Hyperspectral Imaging System". **Journal of Food Engineering**.83: 10-16.
- Wayne, N. C.1986. An Introduction to Digital Image Processing. Prentice-Hall International (UK) Ltd., UK.
- Sauvola, J. and Peitikainen, M. 2000. "Adaptive Document Binarization". **Pattern Recognition**.33: 225-236.
- Chen, K. and Qin, Ch. 2008. "Segmentation of Beef Marbling based on Vision Threshold". **Computers and Electronics in Agriculture**. 62: 223-230.

7. ภาคผนวก

7.1 ความก้าวหน้าตามแผนการดำเนินงาน

วันที่ 15 มิถุนายน 2552 – 15 กรกฎาคม 2552 (12 เดือน)

ความก้าวหน้าตามแผนการดำเนินงานในภาพรวมทั้งหมดสามารถสรุปเปรียบเทียบกับแผนปฏิบัติการวิจัยได้ดังนี้

แผนปฏิบัติการ งานวิจัย	มิ.ย. 52	ก.ค. 52	ส.ค. 52	ก.ย. 52	ต.ค. 52	พ.ย. 52	ธ.ค. 52	ม.ค. 53	ก.พ. 53	มี.ค. 53	เม.ย. 53	พ.ค. 53
ขั้นตอนที่ 1	 											
ขั้นตอนที่ 2	 											
ขั้นตอนที่ 3												
(3.1)	 											
(3.2)	 											
(3.3)			 									
(3.4)						 						
ขั้นตอนที่ 4												
(4.1)							 					
(4.2)								 				
ขั้นตอนที่ 4 (ช่วงขยายเวลา)												

หมายเหตุ:  งานตามแผนปฏิบัติการวิจัย

 การดำเนินงานที่เกิดขึ้นจริง

 การดำเนินงานเฉพาะขั้นตอนที่ 4 ในช่วงขยายเวลา 6 เดือน (มิ.ย. 53-พ.ย. 53)

7.2 กิจกรรมที่ได้ดำเนินการในระยะ 12 เดือน

รายละเอียดของงานตามแผนปฏิบัติการวิจัยข้างต้นและผลที่ได้รับจากการดำเนินงานไปแล้วในแต่ละขั้นตอน สามารถแสดงในตารางกิจกรรมงานวิจัยตามข้อเสนอของโครงการดังนี้

กิจกรรม	ระยะเวลาการดำเนินงาน		ผลที่คาดว่าจะได้รับ
	6 เดือนแรก	6 เดือนหลัง	
<u>ขั้นตอนที่ 1</u> ศึกษามาตรฐานของประเทศต่างๆ รวมทั้งเทคนิคการวัดและประเมินคุณภาพจากงานวิจัยที่มีมาก่อน	1 เดือน	-	1. ทราบมาตรฐานของประเทศต่างๆ 2. ทราบเทคนิคการวัด การประเมินคุณภาพและจัดเกรด
<u>ขั้นตอนที่ 2</u> กำหนดดัชนีบ่งชี้คุณภาพที่สามารถประยุกต์ใช้เทคนิคการประมวลผลภาพได้	1 เดือน	-	1. ได้ดัชนีบ่งชี้คุณภาพสำหรับใช้ในการประเมินคุณภาพ
<u>ขั้นตอนที่ 3</u> พัฒนาซอฟต์แวร์ประมวลผลภาพ			
(3.1) ออกแบบข้อกำหนดเบื้องต้นของซอฟต์แวร์ที่จะสร้างขึ้น	1 เดือน	-	1. ทราบคุณสมบัติเบื้องต้นที่จำเป็นต้องมีในซอฟต์แวร์ที่จะสร้างขึ้น (Software features and specification) เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ในการนำไปใช้งาน
(3.2) ทดสอบระเบียบวิธีวิเคราะห์และประมวลผลภาพด้วยซอฟต์แวร์เรื้อรังรูปเพื่อการคำนวณทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรม (MATLAB)	2 เดือน	-	1. ทราบผลลัพธ์ของการวิเคราะห์ด้วยระเบียบวิธีการคำนวณด้วยเทคนิคต่างๆ เพื่อเปรียบเทียบความถูกต้องและความสะดวก ในการนำไปสร้างฟังก์ชันการคำนวณในซอฟต์แวร์ที่จะสร้างขึ้นในขั้นตอนถัดไป
(3.3) สร้างซอฟต์แวร์ประมวลผลภาพด้วยภาษา C++ บนเครื่องมือพัฒนาซอฟต์แวร์ประยุกต์ MS-Visual Studio.NET	4 เดือน	-	1. ได้ซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ประมวลผลภาพที่ทำงานบนระบบปฏิบัติการ Windows XP สำหรับใช้วิเคราะห์และจัดเกรดเนื้อโค
(3.4) ทดสอบการทำงานเบื้องต้นกับภาพจากแบบจำลองมาตรฐาน (Japanese-BMS) และภาพตัวอย่างจริง	1 เดือน	-	1. ผลการทดสอบและเปรียบเทียบจะถูกนำไปใช้ในการแก้ไขและปรับปรุงระเบียบวิธีการคำนวณให้มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น

กิจกรรม	ระยะเวลาการดำเนินงาน		ผลที่คาดว่าจะได้รับ
	6 เดือนแรก	6 เดือนหลัง	
ขั้นตอนที่ 4 ทดสอบ แก้ไข และปรับปรุงซอฟต์แวร์ประมวลผลภาพที่สร้างขึ้นเพื่อให้มีการวิเคราะห์ได้อย่างถูกต้องและทำงานได้อย่างสมบูรณ์			
(4.1) ทดสอบกับภาพจากตัวอย่างจริง เปรียบเทียบกับผลการทดสอบที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญ โดยใช้ภาพจากตัวอย่างจริงชุดเดียวกัน	-	4 เดือน	1. ผลการทดสอบและเปรียบเทียบจะถูกนำไปใช้ในการแก้ไขและปรับปรุงระเบียบวิธีการคำนวณให้มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น
(4.2) ปรับปรุงขั้นสุดท้ายเพื่อให้ผู้ใช้งานได้รับความสะดวกและพึงพอใจมากที่สุด	-	3 เดือน	1. ผู้ใช้งานจะได้รับความสะดวกในการใช้งานมากที่สุด

7.3 ผลลัพธ์จากงานวิจัย

ตาราง Output

กิจกรรมในข้อเสนอโครงการ	ผลสำเร็จ	สาเหตุและการแก้ไข ที่ได้ผลสำเร็จไม่ถึง 100 %
1. ศึกษามาตรฐานของประเทศต่างๆ รวมทั้งเทคนิคการวัดและประเมินคุณภาพจากงานวิจัยที่มีมาก่อน	100 %	----
2. กำหนดดัชนีบ่งชี้คุณภาพที่สามารถประยุกต์ใช้เทคนิคการประมวลผลภาพได้	100 %	----
3. พัฒนาซอฟต์แวร์ประมวลผลภาพ		
(3.1) ออกแบบข้อกำหนดเบื้องต้นของซอฟต์แวร์ที่จะสร้างขึ้น	100 %	----
(3.2) ทดสอบระเบียบวิธีวิเคราะห์และประมวลผลภาพด้วยซอฟต์แวร์การคำนวณทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรม (MATLAB 7.0)	100 %	----
(3.3) สร้างซอฟต์แวร์ประมวลผลภาพด้วยภาษา C++ บนเครื่องมือพัฒนาซอฟต์แวร์ประยุกต์ MS-Visual Studio.NET 2008	100 %	-----
(3.4) ทดสอบการทำงานเบื้องต้น (3.4.1) ทดสอบกับภาพแบบจำลองมาตรฐาน Japanese-BMS (3.4.2) ทดสอบกับภาพตัวอย่างจริง	100%	-----
**กิจกรรมพิเศษ	100%	----
4. ทดสอบแก้ไข และปรับปรุงซอฟต์แวร์ประมวลผลภาพที่สร้างขึ้นเพื่อให้มีการวิเคราะห์ได้อย่างถูกต้องและทำงานได้อย่างสมบูรณ์	100%	ดำเนินการในช่วงขยายเวลาวิจัย 6 เดือน
(4.1) ทดสอบกับภาพจากตัวอย่างจริงเปรียบเทียบกับผลการทดสอบที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญโดยใช้ภาพจากตัวอย่างจริงชุดเดียวกัน	100%	ดำเนินการในช่วงขยายเวลาวิจัย 6 เดือน (ทดสอบกับภาพตัวอย่างจาก KU-Beef)
(4.2) ปรับปรุงขั้นสุดท้ายเพื่อให้ผู้ใช้งานได้รับความสะดวกและพึงพอใจมากที่สุด	100%	ดำเนินการในช่วงขยายเวลาวิจัย 6 เดือน

** การนำเสนองานวิจัยแบบโปสเตอร์ในการประชุมวิชาการเทคโนโลยีเนื้อสัตว์ครั้งที่ 1 ระหว่างวันที่ 17-18 ธันวาคม 2552

ณ โรงแรมรามารการเดินส์ กรุงเทพมหานคร จัดการประชุมโดยศูนย์เครือข่ายเทคโนโลยีเนื้อสัตว์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

7.4 บทความวิจัยสำหรับการเผยแพร่

นิรุช จิรสวรรณกุล และจุฑารัตน์ เสริมฐกุล. 2553. “ การวัดระดับ ไขมันแทรกในเนื้อโคด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพ ”.

เอกสารการประชุมวิชาการเทคโนโลยีเนื้อสัตว์ครั้งที่ 2, จัดการประชุมโดยศูนย์เครือข่ายเทคโนโลยีเนื้อสัตว์
คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 17-18 ธันวาคม 2553
โรงแรมรามารการเดินส์ กรุงเทพมหานคร