

Received: 7 ต.ค. 2565

Revised: 8 ก.พ. 2566

Accepted: 10 ก.พ. 2566

ระบบค้นหาผลิตภัณฑ์ฮาลาลด้วยวิธีการประมวลผลภาพ

The Halal Qualified Product Searching System Using Image Processing

อรรถพล อุดยศาศน์ อับดุลเลาะ บากา และจีรวัธ มุรินทร์นพมาศ

Attapol Adulyasas, Abdulloh Baka and Jeerawoot Muninnoppamas

คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา อำเภอเมือง จังหวัดยะลา

Faculty of Science Technology and Agriculture, Yala Rajabhat University, Yala

e-mail: attapol.a@yru.ac.th, abdulloh.b@yru.ac.th, jeerawoot.m@yru.ac.th

Abstract

Several food products in markets nowadays have a halal logo used as a sign to guarantee their halal qualification. Unfortunately, some food products with a halal sign are unauthentic and could confuse consumers. Therefore, having a verifying halal certification system (VHCS) is essential. To have the right choice, consumers can review the product's information online. The VHCS developed allows consumers to search product information by three methods: searching by image processing, searching by barcode scanning, and searching by words. The performance of these searching means has been evaluated in both the searching speed and the searching accuracy. The result of the searching speed through the database with 1,000 records, from the fastest to the slowest paces, is the searching by barcode scanning, searching by words, and searching by image processing, with the average time consumed 3.37, 67, and 3,576 milliseconds, respectively. Furthermore, the accuracy to search information of the searching means within the exact size of the database shows that using image processing gives the highest performance with a 98.5% of accuracy rate, followed by searching by words with a 97.8% of accuracy rate, and lastly, searching by barcode with a 95.3% of accuracy rate.

Keywords: *Halal Standard, Products Database, Barcode, Image Processing, Image Searching*

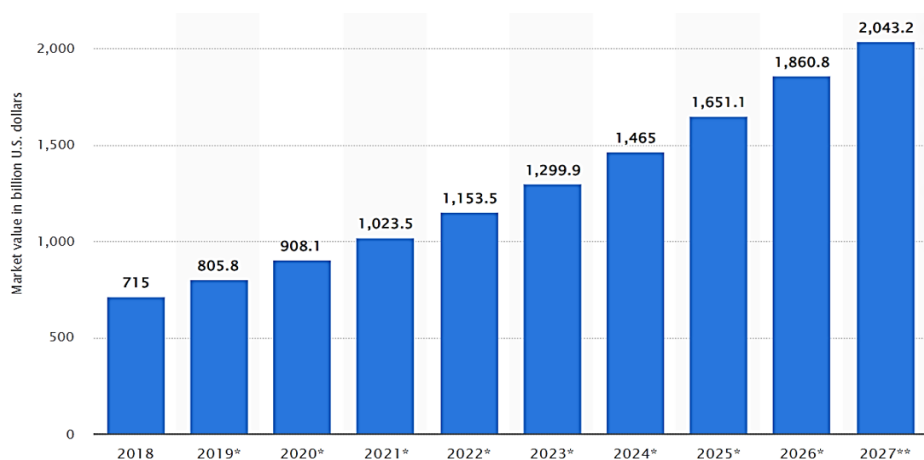
บทคัดย่อ

ในปัจจุบันมีผลิตภัณฑ์อาหารฮาลาลวางจำหน่ายอยู่ในท้องตลาดพบว่ามีการใช้ตราฮาลาลอย่างไม่ถูกต้องอยู่บ่อยครั้ง และสร้างความเข้าใจผิดให้กับผู้บริโภค ดังนั้นระบบตรวจสอบสถานะฮาลาล จึงมีความจำเป็นต่อผู้บริโภคที่จะสามารถตรวจสอบข้อมูลที่มีความถูกต้องผ่านช่องทางออนไลน์ได้ ระบบตรวจสอบสถานะฮาลาลได้ถูกพัฒนาขึ้นให้รองรับการสืบค้นด้วยการประมวลผลภาพของผลิตภัณฑ์ การสืบค้นด้วยบาร์โค้ด และการสืบค้นด้วยคำค้น ประสิทธิภาพในการสืบค้นของระบบถูกประเมินในสองกรณีคือ ความเร็ว และความถูกต้องของผลการสืบค้น โดยผลการประเมินด้านความเร็วการสืบค้นข้อมูลจากฐานข้อมูลที่มีจำนวนข้อมูล 1,000 ระเบียบ พบว่าวิธีสืบค้นด้วยวิธีสแกนบาร์โค้ดมีความเร็วสูงสุด ตามด้วยการสืบค้นด้วยคำค้น และการสืบค้นด้วยภาพ ซึ่งมีความเร็ว 3.37 มิลลิวินาที 67 มิลลิวินาที และ 3,576 มิลลิวินาที ตามลำดับ นอกจากนี้ความถูกต้องของข้อมูลพบว่าวิธีการสืบค้นด้วยการประมวลผลภาพมีความถูกต้องมากที่สุดร้อยละ 98.5 ตามด้วยการสืบค้นด้วยคำค้นมีความถูกต้องร้อยละ 97.8 และสืบค้นด้วยบาร์โค้ดมีความถูกต้องร้อยละ 95.3

คำสำคัญ : มาตรฐานฮาลาล, ฐานข้อมูลผลิตภัณฑ์, บาร์โค้ด, ประมวลผลภาพ, ค้นหาภาพ

บทนำ

ผลิตภัณฑ์อาหารฮาลาลเป็นที่ต้องการของผู้นับถือศาสนาอิสลาม (มุสลิม) โดยทั่วไปทั้งชาวไทยและชาวต่างประเทศ นอกจากนี้อาหารฮาลาลยังเป็นที่ยอมรับในด้านความสะอาดถูกสุขลักษณะ และได้รับความนิยมบริโภคจากบุคคลทั่วไปอีกด้วย จะเห็นได้จากมูลค่าอาหารฮาลาลในตลาดโลกที่มีแนวโน้มสูงขึ้นทุกปีตั้งแต่ก่อนสถานการณ์การระบาดของโรคโควิดกระทั่งปัจจุบัน และมีการคาดการณ์แนวโน้มสูงขึ้นต่อเนื่องในอนาคต (ดูภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 มูลค่าการตลาดอาหารฮาลาลโลกระหว่างปี 2018 – 2027

ที่มา : (Statista, 2022)

สำหรับในประเทศไทย สินค้าอาหารฮาลาลซึ่งวางขายในร้านค้าต่าง ๆ มีความหลากหลายที่มา เช่น สินค้าจากผู้ประกอบการอุตสาหกรรมอาหาร สินค้าจากผู้ประกอบการขนาดย่อมและขนาดกลาง (SME) สินค้าจากผู้ประกอบการระดับครัวเรือน และสินค้าจากต่างประเทศ ผู้บริโภคสามารถคัดเลือกซื้อสินค้าที่มีตราฮาลาลซึ่งรับรองโดยคณะกรรมการกลางอิสลามแห่งประเทศไทย หรือตราฮาลาลที่ออกโดยองค์กรในต่างประเทศ (ดูภาพที่ 2) สำหรับผลิตภัณฑ์ฮาลาลจากผู้ประกอบการระดับครัวเรือนอาจไม่มีตราฮาลาลที่เป็นทางการ จึงใช้ตราฮาลาลทั่วไป (ภาพที่ 2 (ง)) เพื่อแสดงให้ผู้บริโภคได้ทราบ หรือแม้แต่ผู้บริโภคเลือกซื้อสินค้าฮาลาลจากความรู้จกคุ้นเคย



(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

ภาพที่ 2 ลักษณะตราฮาลาลในประเทศต่าง ๆ (ก) ประเทศไทย (ข) ประเทศมาเลเซีย (ค) ประเทศอินโดนีเซีย และ (ง) ทั่วไป

อย่างไรก็ตามความเชื่อมั่นของผู้บริโภคในการเลือกซื้อสินค้าฮาลาลโดยอาศัยเพียงฉลากตราฮาลาลบนตัวผลิตภัณฑ์อาจไม่เพียงพอ เนื่องจากพบว่าในอดีตมีการแสดงตราฮาลาลบนฉลากสินค้าอย่างผิดกฎหมายบ่อยครั้ง หรือมีการกระทำผิดภายหลังได้รับอนุญาต ดังประกาศยกเลิกใช้เครื่องหมายรับรองฮาลาลผ่านทางเว็บไซต์ของคณะกรรมการกลางอิสลามแห่งประเทศไทยอย่างต่อเนื่อง (The Central Islamic of Thailand, 2022)

จากปัญหาดังกล่าว เป้าหมายงานวิจัยนี้คือ การพัฒนาระบบตรวจสอบสถานะฮาลาล (Verifying Halal Certification System : VHCS) สำหรับผู้บริโภคเพื่อค้นหาข้อมูลผลิตภัณฑ์ เช่น สถานะของการรับรองฮาลาล ผู้ประกอบการรับรอง ระยะเวลาการรับรอง และส่วนประกอบอาหาร โดยการค้นหาด้วยวิธีการประมวลผลภาพผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้งานวิจัยได้แสดงผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการค้นหาด้วยบาร์โค้ด และค้นหาด้วยคำค้น ซึ่งเป็นทางเลือกในการค้นหาของระบบ เพื่อเพิ่มความสะดวกแก่ผู้ใช้ ประสิทธิภาพพิจารณาจากสองกรณีคือ ความเร็ว และความถูกต้องในการค้นหาข้อมูล ดังรายละเอียดต่อไปนี้

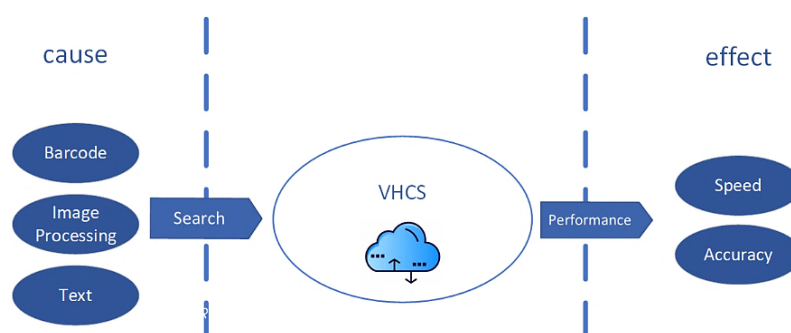
วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อออกแบบและพัฒนาระบบค้นหาผลิตภัณฑ์อาหารฮาลาล
2. เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพวิธีการค้นหาผลิตภัณฑ์

วิธีดำเนินการวิจัย

1. กรอบแนวคิดการวิจัย

ระบบค้นหาข้อมูลผลิตภัณฑ์อาหารฮาลาลถูกพัฒนาภายใต้ระบบตรวจสอบสถานะฮาลาล (Verifying Halal Certification System : VHCS) เพื่อรองรับการใช้งานของผู้บริโภคที่ต้องการตรวจสอบสถานะฮาลาลของผลิตภัณฑ์ โดยผู้บริโภคสามารถใช้งานระบบผ่านอุปกรณ์เคลื่อนที่มีบริการช่องทางการค้นหาผ่านการประมวลผลภาพ การสแกนบาร์โค้ด และการพิมพ์คำค้น ทั้งนี้การวิจัยทำการศึกษาประสิทธิภาพของระบบที่ได้พัฒนาขึ้นโดยพิจารณาจากความเร็ว (speed) และความถูกต้อง (accuracy) ในการค้นหาข้อมูลที่ต้องการ ดังแสดงไว้ในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 กรอบแนวคิดการวิจัยด้านประสิทธิภาพการทำงานของระบบ

2. วิธีการดำเนินการวิจัย

วิธีการดำเนินการวิจัยประกอบด้วย 2 ส่วนคือ

1) การพัฒนาระบบ VHCS ด้วยวิธี Extreme Programming (XP) ประกอบด้วยกระบวนการกำหนดความต้องการของระบบ ออกแบบระบบตามความต้องการ พัฒนาระบบ ทดสอบระบบ ส่งมอบชิ้นงานในแต่ละส่วนให้ผู้ใช้ ได้รับความคิดเห็นจากผู้ใช้ และนำกลับมาพัฒนาระบบอย่างต่อเนื่อง ซึ่งกระบวนการพัฒนาระบบแบบ XP จะช่วยให้ผู้ใช้งานระบบ มีโอกาสใช้งานระบบอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาการพัฒนา

2) การประเมินประสิทธิภาพของระบบประกอบด้วย การวัดความเร็วในการค้นหา และความถูกต้องของข้อมูลที่ค้นพบ เพื่อเปรียบเทียบกันระหว่างวิธีการค้นคือ การค้นด้วยการประมวลผลภาพ การค้นด้วยการสแกนบาร์โค้ด และการค้นด้วยคำค้น โดยการเปรียบเทียบประสิทธิภาพใช้หลักสถิติพรรณนาประกอบด้วย ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

งานที่เกี่ยวข้อง

1. Halal E-Codes Application (BillionBees, 2020) เป็นแอปพลิเคชัน บริการข้อมูล สถานะฮาลาลของส่วนประกอบอาหารในระบบ E-number ซึ่งเป็นเลขรหัสประจำของส่วนประกอบอาหารแต่ละชนิดตรงกันเป็นมาตรฐานเดียวกันทั่วโลก โดยมีการจัดหมวดหมู่เพื่อให้ค้นหาได้ง่าย ทั้งนี้ การคัดแยกสถานะของส่วนประกอบอาหารแต่ละรายการแบ่งเป็น 4 สถานะคือ Halal (คำอ่าน “ฮาลาล”, ความหมาย “อนุมัติ”), Haram (คำอ่าน “หะรอม”, ความหมาย “ต้องห้าม”), Mashbooh (คำอ่าน “มัชบูฮู”, ความหมาย “สงสัย”) และ Unknow (ไม่ทราบ)

2. Halal Haram Mushbooh (Insanyya Apps, 2021) เป็นอีกหนึ่งโปรแกรมที่แสดงข้อมูล E-number พร้อมระบุสถานะฮาลาลของส่วนผสมอาหารนั้น สิ่งที่ทำให้แอปพลิเคชันนี้มีลักษณะเด่นคือ ความสามารถในการค้นหาส่วนประกอบอาหารได้ด้วยการใช้การประมวลผลภาพจากกล้อง โทรศัพท์ส่องไปยังบริเวณฉลากกำกับส่วนประกอบอาหารบนผลิตภัณฑ์ เช่น ค้นหาส่วนประกอบอาหาร E175 ระบบจึงแจ้งว่า Halal

3. Scan Halal (Ummah Labs & Co., 2020) แอปพลิเคชัน Scan Halal ทำงานทั้งบนระบบปฏิบัติการ Android และ IOS ผลิตภัณฑ์ถูกจัดหมวดหมู่เพื่อให้สามารถค้นหาได้ง่าย โดยผลิตภัณฑ์มีสถานะ 3 ระดับคือ ฮาลาล (Good), หะรอม (Avoid) และ สงสัย (Doubtful) รายละเอียดของแต่ละรายสินค้าแสดงข้อมูลส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้แอปพลิเคชันยังมีข้อเสนอแนะสำหรับผู้ผลิตสำหรับส่วนประกอบอาหารทางเลือก (Alternative) ซึ่งเป็นส่วนประกอบอาหารทดแทนส่วนประกอบที่ไม่ฮาลาล โดยผู้ใช้สามารถทำการสับค้นด้วยการสแกนรหัสแท่ง (Barcode) เพื่อค้นหาข้อมูลผลิตภัณฑ์

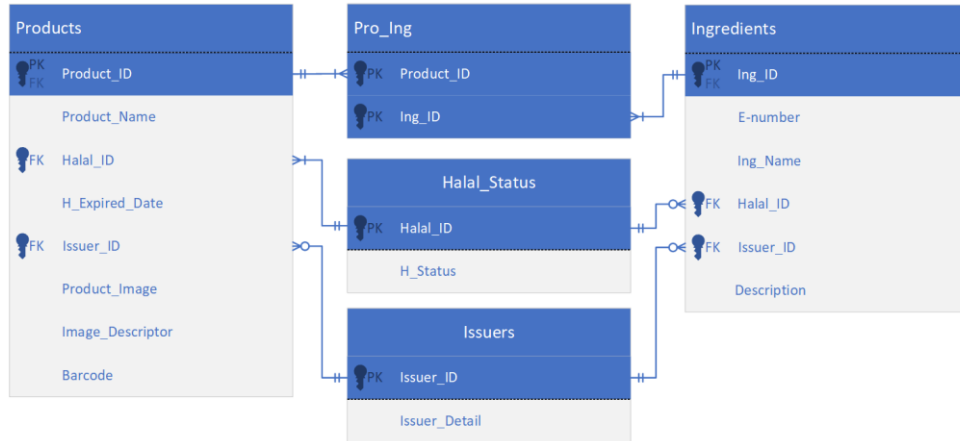
ระบบตรวจสอบสถานะฮาลาล

การค้นหาข้อมูลผลิตภัณฑ์ฮาลาลในระบบตรวจสอบสถานะฮาลาล (Verifying Halal Certification System : VHCS) ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อรองรับรูปแบบการค้นหาที่หลากหลายวิธี ดังรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. โครงสร้างฐานข้อมูล

โครงสร้างฐานข้อมูลบางส่วน (ภาพที่ 4) แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างตารางผลิตภัณฑ์ (Products) และตารางส่วนประกอบอาหาร (Ingredients) โดยตารางผลิตภัณฑ์ประกอบด้วยข้อมูลสำคัญบ่งบอกถึงสถานะฮาลาล (H_Status) ซึ่งประกอบด้วยสถานะ Halal (อนุมัติ), Haram (ต้องห้าม), Mashbooh (สงสัย) และ Unknow (ไม่ทราบ) ผู้อนุมัติใช้ตราฮาลาลซึ่งเป็นได้ทั้งองค์กรในประเทศและต่างประเทศถูกระบุไว้ในตาราง Issuers นอกจากนี้รายการส่วนประกอบอาหารพร้อม

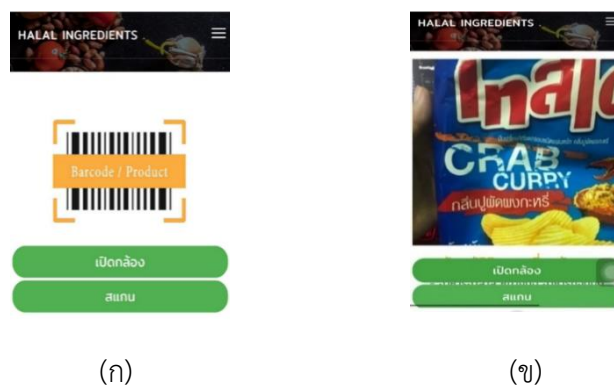
ทั้งสถานะฮาลาลแยกไว้ในตาราง Ingredients ซึ่งสัมพันธ์กับตาราง Products ด้วยตารางเชื่อมความสัมพันธ์ Pro_Ing เพื่อให้ได้ความสัมพันธ์ในแบบ many-to-many



ภาพที่ 4 ความสัมพันธ์ฐานข้อมูล (E-R diagram)

2. เว็บแอปพลิเคชันค้นหาผลิตภัณฑ์

ระบบ VHCS ถูกออกแบบให้ผู้ใช้สามารถค้นหาผลิตภัณฑ์ได้สะดวก ด้วยการค้นหาด้วยคำค้น ค้นหาด้วยบาร์โค้ด (ดูภาพที่ 5 (ก)) โดยการแปลงภาพถ่ายบาร์โค้ดให้เป็นรหัสของผลิตภัณฑ์ด้วยวิธี PyZbar API เพื่อใช้รหัสที่ได้ค้นหาข้อมูลผลิตภัณฑ์โดยพิจารณาใน Barcode attribute ของตาราง Products (ดูภาพที่ 4) และผู้ใช้สามารถค้นหาข้อมูลด้วยภาพ โดยถ่ายภาพผลิตภัณฑ์หน้าตรงของสินค้า ดังภาพที่ 5 (ข) เพื่อให้ระบบ VHCS ประมวลผลภาพให้ได้ตำแหน่ง (key points) และลักษณะเด่น (descriptors) ของภาพเพื่อใช้ในการค้นหาข้อมูลผลิตภัณฑ์จากฐานข้อมูล โดยใช้ Image_Descriptor attribute ในตาราง Products (ดูภาพที่ 4)

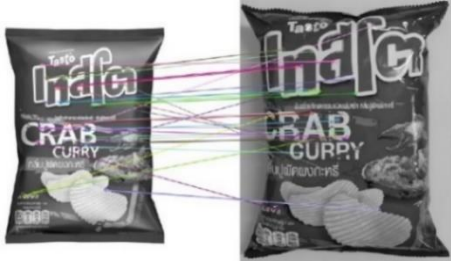


ภาพที่ 5 เว็บแอปพลิเคชันค้นหาข้อมูล (ก) ค้นหาด้วยบาร์โค้ด (ข) ค้นหาด้วยรูปภาพ

3. การค้นหาผลิตภัณฑ์ด้วยการประมวลผลภาพ

การประมวลผลภาพผลิตภัณฑ์เป็นช่องทางอำนวยความสะดวกแก่ผู้บริโภคในการค้นหาข้อมูล โดยผู้บริโภคสามารถถ่ายรูปหน้าฉลากของผลิตภัณฑ์และสั่งการค้นหา ระบบ VHCS จะทำการ

ประมวลผลภาพเพื่อค้นหาภาพของผลิตภัณฑ์ที่ใกล้เคียงที่สุดจากฐานข้อมูล และแสดงผลรายละเอียดของผลิตภัณฑ์นั้นให้ผู้บริโภคอย่างง่ายดาย



(ก) คุณลักษณะเด่นตรงกันหลายตำแหน่ง
ในภาพลักษณะเดียวกัน



(ข) คุณลักษณะเด่นตรงกันพบได้น้อยใน
ภาพที่มีลวดลายต่างกัน

ภาพที่ 6 ผลการทำ Image Matching

Algorithm: VHCS

Input: Img_i : a queried image from user,

$(k_j, D_j) \in P$: a set of key points and descriptors of
an original product image j from the feature set
 P stored in the database

Output: Img_s : a selected image

- 1: $resize(Img_i)$
- 2: $grayscale(Img_i)$
- 3: $(k_i, D_i) \leftarrow ORB_detect(Img_i)$
- 4: for $\forall D_j \in P$ do
- 5: $match(j) = BruteForce.knnMatch(D_{i,n}, D_{j,m})$;
where $n, m = \{0, 1, 2, \dots, 499\}$
- 6: $sorted(match(j))$
- 7: If $distance(match(j)) <$
 $distance(goodMatch(s))$
- 8: $goodMatch(s) \leftarrow match(j)$
- 9: end for
- 10: $Img_s \leftarrow IMG(s) \in Q$
- 11: return Img_s

VHCS Algorithm แสดงขั้นตอนวิธีการประมวลผลภาพเพื่อค้นหาข้อมูลผลิตภัณฑ์ ด้วยวิธี Brute Force Matching (BFM) โดยใช้ Oriented FAST and Rotated BRIEF (ORB) ในการวิเคราะห์ตำแหน่ง (key points) และคุณลักษณะโดดเด่น (descriptors) ของภาพ ชุดข้อมูลที่นำเข้าสู่การประมวลผลประกอบด้วย ภาพถ่ายผลิตภัณฑ์ที่ต้องการค้นหาจากผู้ใช้งาน (Img_i) และเซตของข้อมูลตำแหน่ง (k_j) และคุณลักษณะโดดเด่น (D_j) ของภาพ (Img_j) ในฐานข้อมูลซึ่งได้จากการประมวลผลภาพผลิตภัณฑ์ต้นฉบับ และผลลัพธ์ที่ได้ คือภาพผลิตภัณฑ์ต้นฉบับที่ค้นพบ Img_s

ภาพผลิตภัณฑ์ที่ต้องการค้นหา Img_i ต้องถูกปรับแต่งเบื้องต้น จากนั้นจึงวิเคราะห์หาตำแหน่ง และคุณลักษณะโดดเด่น (k_j, D_j) โดยใช้ ORB ในการประมวลผล (บรรทัดที่ 3) โดยขั้นแรกทำการค้นหาตำแหน่งสำคัญ (key points) ด้วยวิธี FAST (Features from Accelerated and Segments Test) ซึ่งค้นหาจุดโดดเด่นบริเวณต่าง ๆ ภาพที่ 6 แสดงให้เห็นถึงตำแหน่งที่สำคัญที่ตรวจวัดได้บนภาพ ขั้นที่สองคือการหาตัวบ่งชี้ลักษณะที่โดดเด่นของแต่ละตำแหน่งด้วยวิธี BRIEF (Binary Robust Independent Elementary) เพื่อสร้างตัวบ่งชี้คุณลักษณะโดดเด่น (descriptor)

เรียกว่าไบนารีเวกเตอร์ (binary feature vector) โดย ORB สร้าง descriptors จำนวน 500 ตำแหน่ง (default) แต่ละตำแหน่งมีไบนารีเวกเตอร์ขนาด 32 ไบต์ ดังตัวอย่างเช่น

[2, 205, 2, 158, 148, 131, 174, 231, 22, 0, 90, 2, 96, 234, 49, 64, 121, 42, 19, 129, 98, 152, 0, 255, 32, 38, 142, 136, 20, 88, 48, 136]

ตำแหน่งและคุณลักษณะโดดเด่นของภาพที่ต้องการค้นหา (k_i, D_i) ถูกนำมาสอบเทียบ (matching) กับคุณลักษณะโดดเด่นของภาพผลิตภัณฑ์ต้นฉบับ (k_j, D_j) ในฐานข้อมูล โดยใช้ขั้นตอนวิธี k-nearest neighbours algorithm (k-NN) (บรรทัดที่ 5) ผลลัพธ์ที่ได้คือค่าระยะทาง (distance) ซึ่งบ่งชี้ถึงความตรงกันหรือคล้ายกันของลักษณะโดดเด่น (descriptor) โดยค่าระยะทางมีค่าน้อยบ่งบอกถึงความคล้ายกันของตำแหน่งนั้นบนภาพทั้งสอง จากนั้นจึงทำการเรียงลำดับระยะทางจากน้อยไปหามากของแต่ละตำแหน่ง การเปรียบเทียบลักษณะโดดเด่นของภาพจะดำเนินไปที่ละภาพที่มีในฐานข้อมูล หากผลการเปรียบเทียบกับภาพที่กำลังพิจารณาปัจจุบัน (Img_j) พบว่ามีลักษณะโดดเด่นตรงกันมากกว่าภาพก่อนหน้าซึ่งอยู่ใน $goodMatch(s)$ จึงแทนภาพปัจจุบันไว้ในตัวเลือก $goodMatch(s)$ ที่ดีที่สุดที่พบ (บรรทัดที่ 6 - 8) เมื่อการพิจารณา descriptor (D_j) ดำเนินถัดไป โดย $D_j \in P$ (บรรทัดที่ 5 - 8) จนกระทั่งสิ้นสุด ผลการเทียบเคียงจึงเป็นผลลัพธ์ที่ดีที่สุดปรากฏใน $goodMatch(s)$ และเรียกข้อมูลภาพ Img_s ย้อนกลับจากฐานข้อมูล แสดงให้แก่ผู้ใช้ได้ในที่สุด (บรรทัด 9 - 10)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ผลการประเมินประสิทธิภาพการทำงานของระบบ

การวัดประเมินผลประสิทธิภาพของระบบ VHCS มุ่งเน้นการวัดผลในประสิทธิภาพการค้นหาข้อมูลจากฐานข้อมูลในสภาพใกล้เคียงการใช้งานจริง โดยทำการเปรียบเทียบวิธีการค้นหาข้อมูลด้วยการประมวลผลภาพกับการค้นหาด้วยคำค้น (ชื่อผลิตภัณฑ์) และบาร์โค้ด โดยมีเครื่องแม่ข่ายระบบฐานข้อมูลที่มีหน่วยประมวลผลกลาง Intel i7 สัญญาณนาฬิกา 1.8 GHz หน่วยความจำ 8 GB ระบบปฏิบัติการ Windows 10 สถาปัตยกรรม 64 bits ซึ่งมีโปรแกรม XAMPP เวอร์ชัน 3.2.4 ทำหน้าที่ให้บริการระบบฐานข้อมูล โดยมี database engine เป็นชนิด InnoDB และเครื่องฝั่งผู้ใช้ เป็นสมาร์ทโฟนรุ่น iPhone 13 Pro หน่วยความจำ RAM ขนาด 6GB ซอฟต์แวร์เวอร์ชัน 15.6.1 ซึ่งทำหน้าที่ค้นหาข้อมูลโดยนำข้อมูลคำค้น ภาพบาร์โค้ด หรือภาพผลิตภัณฑ์เข้าสู่การค้นหา โดยทั้งเครื่องแม่ข่ายและลูกข่ายเชื่อมต่อถึงกันภายใต้เครือข่ายท้องถิ่นเดียวกันซึ่งมีเพียงสองเครื่อง

ในการวัดประสิทธิภาพกระทำซ้ำจำนวน 1,000 ครั้งในแต่ละชุดของการวัด โดยชุดการทดสอบแบ่งเป็น 8 ชุด เพิ่มขึ้นตามจำนวนระเบียบข้อมูลคือ 25, 50, 75, 100, 250, 500, 750 และ 1,000 ระเบียบ โดยมิผู้ใช้เป็นผู้ทดสอบจำนวน 138 คน แต่ละคนทดสอบการใช้งานด้วยวิธีคำค้นด้วย

ชื่อ ภาพบาร์โค้ด และภาพผลิตภัณฑ์ โดยทำซ้ำในแต่ละแบบจำนวนประมาณ 7 ครั้ง โดยเปลี่ยนข้อมูลนำเข้าใหม่ทุกครั้งเช่น พิมพ์ข้อความใหม่หรือถ่ายภาพใหม่ ทั้งนี้อาจค้นหาผลิตภัณฑ์เดิมได้ ผลการทดสอบถูกบันทึกเพื่อคำนวณหาค่าทางสถิติดังรายละเอียดต่อไปนี้

1) ความเร็วในการค้นหาข้อมูล วัดจากเวลาที่เริ่มสั่งการค้นหาจนกระทั่งแสดงผลลัพธ์เสร็จสมบูรณ์ โดยไม่นับรวมเวลาการพิมพ์คำค้น หรือการถ่ายภาพ ผลประสิทธิภาพความเร็วในการค้นหาข้อมูลแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ประสิทธิภาพความเร็วในการค้นหาข้อมูล

จำนวนระเบียน (records)	เวลาเฉลี่ยในการค้นหาแต่ละแบบ (มิลลิวินาที)					
	ชื่อ	S.D.	บาร์โค้ด	S.D.	ประมวล ภาพ	S.D.
25	10.95	3.18	0.24	0.07	75.23	21.82
50	14.17	4.25	0.77	0.23	119.10	35.73
75	21.63	6.49	1.03	0.31	182.53	54.76
100	29.90	9.27	1.24	0.38	337.30	104.56
250	37.73	11.70	1.95	0.60	775.34	240.36
500	43.23	13.40	2.37	0.73	1,537.30	476.56
750	54.32	17.38	3.04	0.97	2,206.07	705.94
1000	67.00	23.45	3.37	1.18	3,576.25	1,251.69

จากตารางที่ 1 ประสิทธิภาพในการค้นหาข้อมูลในทุกวิธีมีความสัมพันธ์กับปริมาณระเบียนข้อมูลในฐานข้อมูลในเชิงเส้น (ระเบียนเพิ่มขึ้น ใช้เวลาค้นหามากขึ้น) ณ ขณะที่มีจำนวนข้อมูล 1,000 ระเบียน โดยลำดับที่ 1 วิธีค้นหาด้วยบาร์โค้ดให้ความเร็วเฉลี่ยอยู่ที่ 3.37 มิลลิวินาที ที่ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.18 ลำดับที่ 2 วิธีค้นหาด้วยชื่อผลิตภัณฑ์ได้ความเร็ว 67 มิลลิวินาที ที่ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 23.45 และลำดับสุดท้าย วิธีการค้นหาด้วยการประมวลผลภาพ ความเร็วเฉลี่ย 3.57 วินาที ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.25 วินาที ทั้งนี้ขนาดของรูปมีขนาดโดยเฉลี่ย 512 x 512 พิกเซล

2) ความแม่นยำในการค้นหาข้อมูล

การวัดประสิทธิภาพความแม่นยำในการค้นหาข้อมูลของระบบพิจารณาจากความถูกต้องของผลลัพธ์ในการค้นหา ผลลัพธ์ถูกต้องหมายถึงการค้นหาผลิตภัณฑ์ในฐานข้อมูลได้ถูกต้อง (true positive) และการแจ้งไม่พบข้อมูลเมื่อข้อมูลที่ค้นหาไม่มีอยู่ในระบบ (true negative) โดยข้อมูลนำเข้าเพื่อสืบค้นเป็นแบบคละกันระหว่างกลุ่มข้อมูลที่มีอยู่ในฐานข้อมูลและไม่มีในฐานข้อมูล

ประสิทธิภาพความแม่นยำของระบบวัดโดยการนับ 1 คะแนนเมื่อผลลัพธ์ของการค้นหาถูกต้อง ผลการประเมินความแม่นยำในการค้นหาข้อมูลแสดงในตารางที่ 2

จากผลการประเมินความแม่นยำในตารางที่ 2 แบ่งเป็นปริมาณระเบียบข้อมูลในฐานข้อมูลจำนวน 8 ชุด คือ 25, 50, 100, 125, 200, 250, 500 และ 1,000 ระเบียบ ทดสอบชุดละ 1,000 ครั้ง โดยคะแนนความแม่นยำเป็นจำนวนครั้งที่ผลลัพธ์ถูกต้อง พบว่าการประมวลผลภาพหน้าบรรจุของของผลิตภัณฑ์ให้ค่าความถูกต้องร้อยละค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 98.50 ซึ่งสูงกว่าวิธีการใช้คำค้น และวิธีการใช้บาร์โค้ด ซึ่งมีค่าความถูกต้องอยู่ที่ร้อยละเฉลี่ย 97.8 และ 95.30 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจะเห็นได้ว่าการทดลองทั้ง 3 รูปแบบให้ค่าความถูกต้องใกล้เคียงกัน โดยค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของวิธีประมวลผลภาพ 10.20 วิธีคำค้นชื่อ 10.43 และวิธีบาร์โค้ด 15.87

ตารางที่ 2 ความแม่นยำในการค้นหาข้อมูล

จำนวนระเบียบ (records)	ความแม่นยำ		
	ชื่อ	บาร์โค้ด	ประมวลผลภาพ
25	989	978	995
50	986	971	993
75	983	964	993
100	983	947	990
250	977	951	978
500	975	948	992
750	978	937	969
1000	953	928	970
เฉลี่ย	978	953	985
ร้อยละค่าเฉลี่ย	97.8	95.3	98.5
เบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)	10.43	15.87	10.20

2. อภิปรายผล

ระบบตรวจสอบสถานะฮาลาล (The Verifying Halal Certification System : VHCS) ของผลิตภัณฑ์อาหารที่ได้ถูกพัฒนาขึ้นนี้ ผ่านการวิเคราะห์ความต้องการของผู้เกี่ยวข้องในส่วนต่าง ๆ และใช้วิธี Extreme Programming (XP) ในการพัฒนาระบบ โดยผู้เกี่ยวข้องมีโอกาสใช้ ทดสอบ และให้ความเห็นในการพัฒนาระบบอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ได้ระบบตรงตามความต้องการมากที่สุด ซึ่งเมื่อพิจารณาจากผลการประเมิน พบสิ่งดังต่อไปนี้

วิธีค้นหาด้วยการประมวลผลภาพเลือกใช้ขั้นตอนวิธีแบบ Brute Force Matching (BFM) และใช้วิธี Oriented FAST and Rotated BRIEF (ORB) ตรวจสอบลักษณะเด่นของภาพ ซึ่งมีความซับซ้อนของเวลาในการประมวลผล (time complexity) เป็น $O(T_E \cdot N^2)$ โดยที่ T_E คือเวลาในการคำนวณระยะห่างของแต่ละจุด และ N^2 คือจำนวนลักษณะเด่นที่พบ (J.Cheng, C.Leng, J.Wu, H.Cui, & H.Lu, 2014) เมื่อพิจารณาตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่าเวลาที่ใช้ในการค้นหาข้อมูลภาพมีแนวโน้มมากขึ้น ซึ่งเกิดจากขนาดของรูปภาพ และจำนวนรูปภาพที่ต้องค้นหาในฐานข้อมูล จากรายงานวิจัย (A.Jakubovic & J.Velagic, 2018) พบว่าการประมวลผลภาพ ORB เป็นวิธีการที่เร็วที่สุดวิธีหนึ่ง และเร็วกว่าวิธีการประมวลผลภาพอื่นเช่น Scale Invariant Feature Transform (SIFT) หรือวิธี Speed Up Robust Feature (SURF) (E.Karami, S.Prasad, & M.Shehata, 2015) เมื่อพิจารณาความแม่นยำในตารางที่ 2 พบว่า ORB ให้ความแม่นยำสูงสุดในการค้นหาข้อมูลได้ถูกต้องถึงร้อยละ 98.5 ถึงแม้ว่าความสามารถการตรวจหาความคล้ายกันมีอัตรา (matching rate) เพียงประมาณร้อยละ 60 (E.Karami, S.Prasad, & M.Shehata, 2015) ทั้งนี้เป็นเพราะขั้นตอนวิธีการเลือกภาพที่มีความคล้ายกันมากที่สุด (good match) ในฐานข้อมูล ดังที่อธิบายไว้ใน VHCS Algorithm และภาพที่ 6 แสดงผลการเปรียบเทียบตำแหน่งคล้ายกันของภาพ

การค้นหาด้วยคำค้นเป็นการค้นหาด้วยชื่อผลิตภัณฑ์ โดยชื่อผลิตภัณฑ์มีรูปแบบและความยาวไม่ตายตัว ดังนั้นจึงส่งผลกับเวลาและความถูกต้องในการค้นหา ขั้นตอนวิธีที่ใช้ในการค้นหาคือ naive algorithm ซึ่งมีความซับซ้อนของเวลาในการประมวลผล (time complexity) เป็น $O(M \times N)$ โดยที่ M คือจำนวนระเบียบ และ N คือความยาวชุดอักษร (A.R.Chayapathi, G.S.Gumar, M.S.Be, J.Thriveni, & K.R.Venugopal, 2021) ซึ่งการค้นหาด้วยคำค้นรวดเร็วกว่าประมวลผลภาพดังแสดงในไว้ในตารางที่ 1 อย่างไรก็ตามความแม่นยำเป็นรองการค้นหาด้วยการประมวลผลภาพอยู่เล็กน้อยคือ ร้อยละ 98.5 ต่อ 97.8 ซึ่งเกิดจากการพิมพ์คำค้นไม่ถูกต้อง และการพิมพ์ข้อมูลอักษรไม่สะดวกต่อการใช้งานเท่าที่ควร

สำหรับกรณีการค้นหาด้วยบาร์โค้ดใช้วิธีแบบ PyZbar (Dynamsoft, 2021) ซึ่งเป็นการอ่านบาร์โค้ดชนิด 1 มิติ (1-D) เพื่อแปลรหัสเป็นชุดตัวเลขสำหรับค้นหาในฐานข้อมูล ถึงแม้การค้นหาด้วยบาร์โค้ดมีความแม่นยำสูงและค้นหาได้รวดเร็ว ในความเป็นจริงการอ่านบาร์โค้ดมีอุปสรรคหลายประการในทางปฏิบัติจากการถ่ายภาพบาร์โค้ด เช่น ความเข้มของแสงที่จะสามารถแยกแยะลายเส้นของบาร์โค้ด การสะท้อนแสงเงา การบิดงอของภาพ และมุมในการสแกน สิ่งต่าง ๆ เหล่านี้มีผลต่อประสิทธิภาพความแม่นยำในการค้นหาข้อมูล ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาและพัฒนาาระบบตรวจสอบสถานะฮาลาลของผลิตภัณฑ์ (The Verifying Halal Certification System : VHCS) เพื่อสนับสนุนให้ผู้บริโภคทั่วไปเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ที่สามารถตรวจสอบสถานะฮาลาลได้อย่างถูกต้อง โดยผลการประเมินประสิทธิภาพการทำงานของระบบจะเห็นได้ว่าการประเมินประสิทธิภาพด้านความเร็ว และความถูกต้องแม่นยำซึ่งเปรียบเทียบระหว่างวิธีค้นหาในแบบต่าง ๆ พบว่าการค้นหาด้วยการประมวลผลภาพทำได้ง่าย แม่นยำ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยความแม่นยำร้อยละ 98.5 และมีความเร็วในการค้นหาข้อมูลจากภาพเป็นที่ยอมรับได้ โดยมีค่าเฉลี่ยเวลาในการค้นหาประมาณ 3 วินาที ในขณะที่มีจำนวนระเบียบข้อมูล 1,000 ชุด และเวลาในการค้นหาที่แนวโน้มสูงขึ้นเมื่อฐานข้อมูลมีระเบียบข้อมูลเพิ่มขึ้น ในส่วนนี้จึงจำเป็นต้องได้รับการปรับปรุง เช่นการลดขนาดภาพให้เล็กลงก่อนทำการค้นหา เป็นต้น

การนำระบบตรวจสอบสถานะฮาลาลของผลิตภัณฑ์อาหารไปใช้ประโยชน์ ในช่วงแรกมุ่งเป้าไปที่กลุ่มผู้บริโภค ซึ่งเป็นกลุ่มที่มีโอกาสใช้งานให้เป็นประโยชน์มากที่สุด โดยฐานข้อมูลเบื้องต้นเป็นการนำข้อมูลจากสถาบันฮาลาลและคณะกรรมการอิสลามแห่งประเทศไทย สำหรับข้อมูลผลิตภัณฑ์เฉพาะถิ่นจำเป็นต้องให้นักวิทยาศาสตร์ฮาลาลและผู้ดูแลระบบทยอยนำเข้าข้อมูล ซึ่งข้อมูลดังกล่าวจะเป็นทั้งผลิตภัณฑ์ในท้องถิ่น และสารประกอบอาหารในท้องถิ่น เมื่อข้อมูลมีความสมบูรณ์ทั้งผลิตภัณฑ์และสารประกอบอาหาร ทั้งข้อมูลทั่วไปและข้อมูลเฉพาะประจำถิ่นแล้ว จะทำให้ระบบมีประโยชน์เพิ่มมากขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา และสถาบันวิจัยและพัฒนาชายแดนใต้ ในการอุดหนุนทุนวิจัยจากงบประมาณรหัส บกศ.049/2564 ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในความสำเร็จของงานวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- A.Jakubovic, & J.Velagic. (2018). **Image Feature Matching and Object Detection Using Brute-Force Matchers.** *International Symposium ELMAR.* Croatia: IEEE.
- A.R.Chayapathi, G.S.Gumar, M.S.Be, J.Thriveni, & K.R.Venugopal. (2021). **Survey and Comparison of String Matching Algorithms.** *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education, 12(12), 1471-1491.*
- BillionBees. (2020). **Halal E-Codes.** France, Paris.
- Dynamsoft. (2021, 8 23). **Barcode Scanning Accuracy Benchmark and Comparison.** *Tips and Tricks.* Retrieved 1 2022, from

<https://www.dynamsoft.com/blog/insights/barcode-scanning-accuracy-benchmark-and-comparison/>

Insanyya Apps. (2021). **My Halal Scanner**. USA, California.

J.Cheng, C.Leng, J.Wu, H.Cui, & H.Lu. (2014). **Fast and Accurate Image Matching with Cascade Hashing for 3D Reconstruction**. USA: IEEE.

Statista. (2022). *Forecast market revenue of halal food worldwide from 2018 to 2027*. Retrieved 2022, from statista: www.statista.com

The Central Islamic of Thailand. (2022, 8). **Committee Central News**. Retrieved 8 2022, from The Central Islamic of Thailand: www.cicot.or.th/en/news/lists/1/3/Committee-Central-News

Ummah Labs & Co. (2020). **Scan Halal**. Retrieved October 2021, from <https://apps.apple.com/us/developer/ummah-labs-co/id589534188>