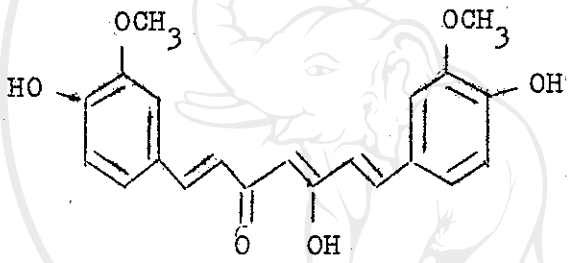
บทที่ 1

บทนำ

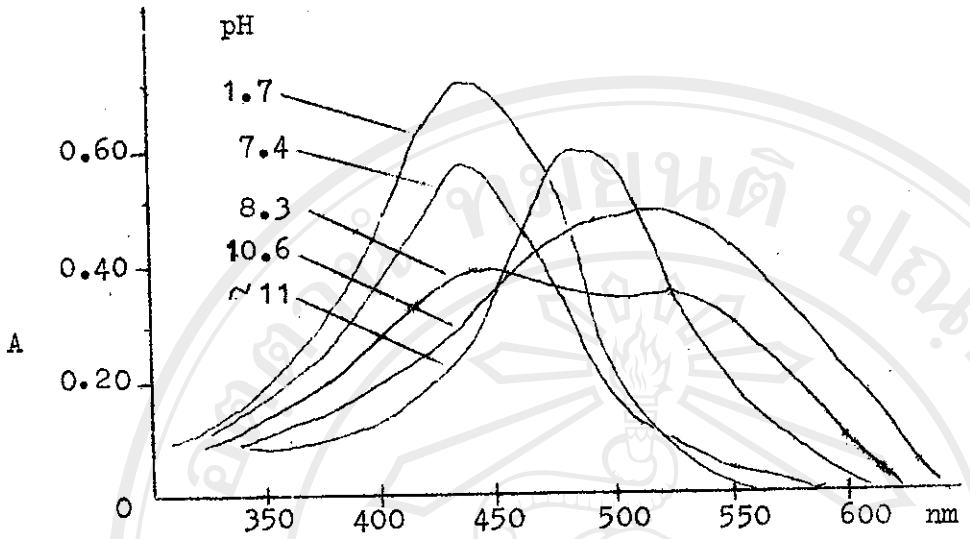
เคอร์คิวมิน (curcumin) หรือ Bis-(feruloyl) methane หรือ 1,7-Bis-(4-hydroxy-3-methoxyphenyl)-1,6-heptadiene-35-dione มีสูตรโมเลกุล $C_{21}H_{20}O_6$ และสูตรโครงสร้างตามรูป 1.1 ในธรรมชาติเป็นรงควัตถุสีเหลืองพบในส่วนที่เป็นแง (Rhizome) ของพืชจำพวกขมิ้น ในขมิ้นชันมีประมาณ 49% ของรงควัตถุสีเหลืองทั้งหมด (1,2)



รูป 1.1 สูตรโครงสร้างของเคอร์คิวมิน

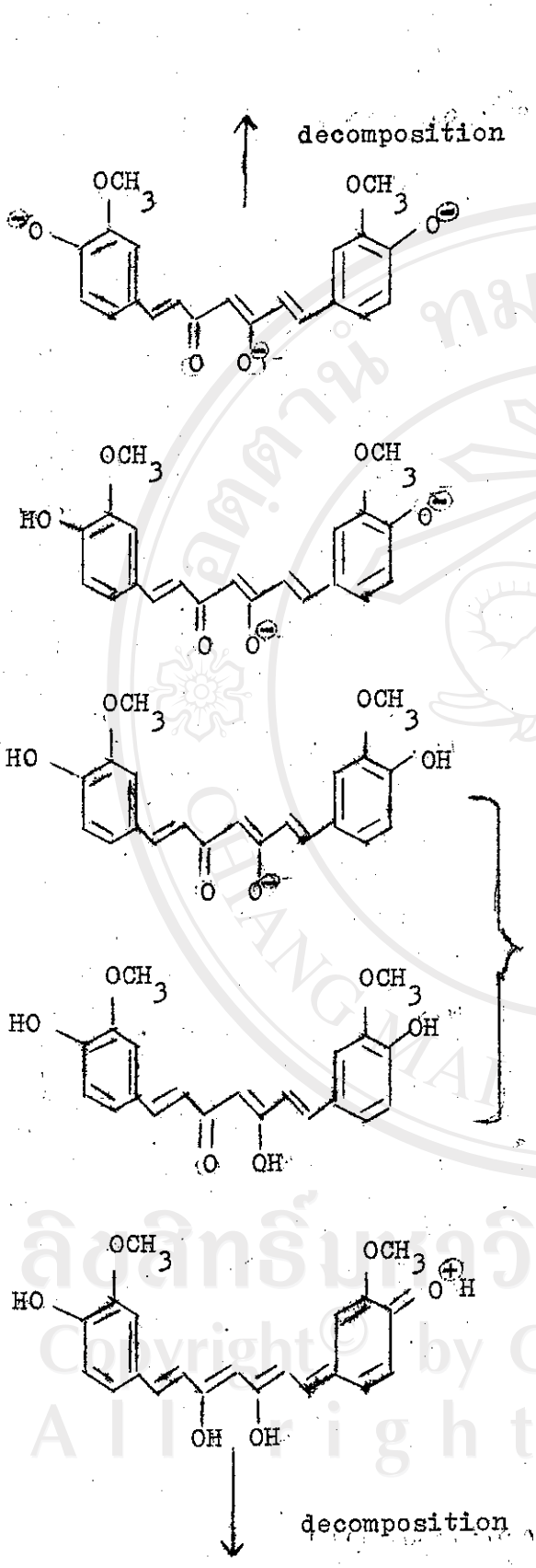
เคอร์คิวมินเป็นกรดอ่อน มีค่า pKa=7.9 ที่พีเอช 3–7 มีสีเหลืองมีค่า λ max = 430 nm อยู่ในรูป H_3A ในสารละลายเบสเจือจางมีสีแดงเลือด สารละลายเบสเข้มข้นมีสีส้ม และสารละลายกรดเข้มข้นมีสีม่วงแดง absorbance curves และพฤติกรรมของเคอร์คิวมินที่พีเอชต่าง ๆ แสดงตามรูป 1.2 และรูป 1.3 (3,4)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูป 1.2 absorbance curves ที่พีเอชต่าง ๆ ของสารละลายเกอร์คิวมินใน น้ำ–เอทธานอล อัตราส่วน 1 : 1

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



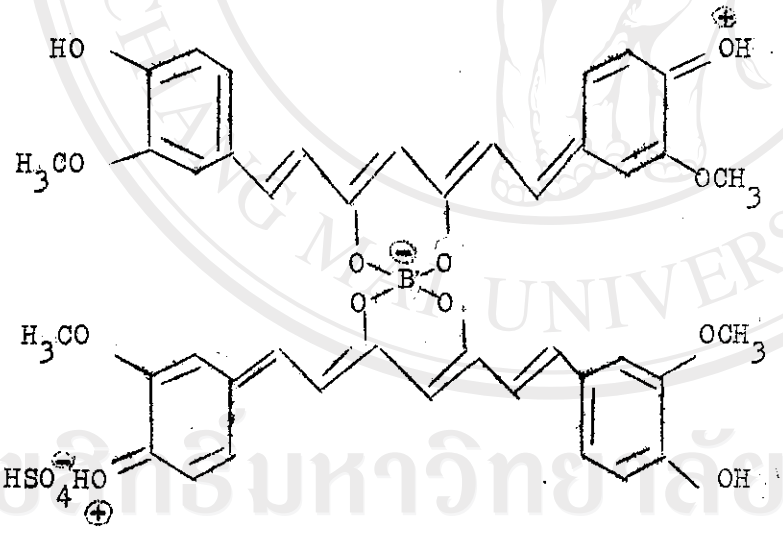
รูป 1.3 พฤติกรรมของเคอร์คิวมินที่พีเอชต่าง ๆ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เคอร์คิวมินใช้เป็นสีย้อมอาหารเพื่อให้มีสีเหลือง ตัวอย่าง (5) การย้อมเนื้อไก่ เตรียมโดยจุ่มเนื้อไก่ ลงในสารละลายไดโปตัสเซียมเคอร์คิวเมตสักกรู แล้วนำไปจุ่มลงในสารละลายกรดอะซิติก หรือกรดซิตริก เคอร์คิวเมตจะกลายเป็นเคอร์คิวมินอนุภาคเล็กๆ ซับอยู่บนผิวของเนื้อไก่ ถ้าต้องการให้มีสีเหลืองที่เข้มข้นก็กลับทำซ้ำอีกหลาย ๆ ครั้ง สำหรับสีย้อมผ้า (6,7) ส่วนใหญ่ใช้สีเหลืองจากสารละลายที่สกัดได้จากผงขมิ้นด้วยน้ำ ขณะย้อมก็เติมสารส้มลงไปด้วย เพื่อให้ได้สีเหลืองที่คงทนยิ่งขึ้น

สารประกอบโลหะเชิงซ้อนของเคอร์คิวมิน (3,8)

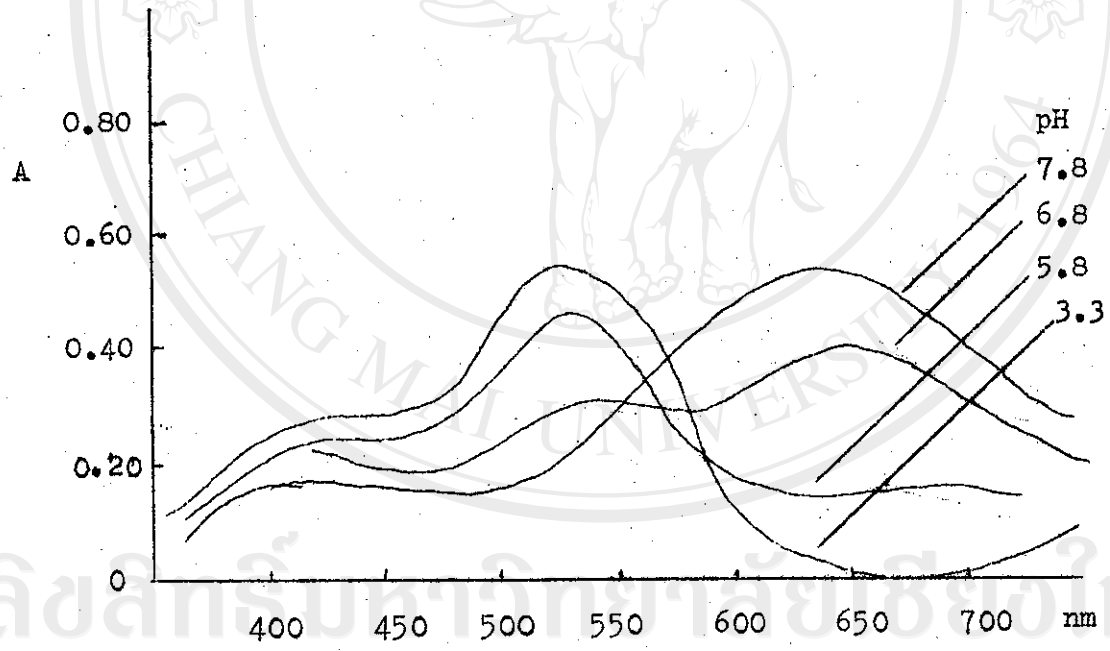
Rosocyanin(3) เป็นสารประกอบเชิงซ้อนของโบรอนกับเคอร์คิวมิน โดยมีอัตราส่วนโมลของโบรอนกับเคอร์คิวมินเท่ากับ 1 : 2 ในสถานะของแข็งมีสีเขียวเข้ม สูตรโครงสร้างของ rosocyanin แสดงตามรูป 1.4



รูป 1.4 สูตรโครงสร้างของ rosocyanin

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Rosocyanin เป็นกรดอ่อน, $B(H_2A)_2^+ HSO_4^-$ (3.4) มีค่า Ka 3 ค่า ซึ่งสอดคล้องกับการสูญเสียโปรตอนและการเปลี่ยนแปลงสีดังนี้ $Ka_1 \approx 3 \times 10^{-7}$ สูญเสีย 1 โปรตอน สีเปลี่ยนจากสีแดงเป็นสีม่วง $Ka_2 \approx 2 \times 10^{-8}$ สูญเสียอีก 1 โปรตอน สีเปลี่ยนจากสีม่วงเป็นสีน้ำเงิน และ $Ka_3 \approx 5 \times 10^{-10}$ สูญเสียฟีนอลิกโปร-ตอน 2 โปรตอน สีเปลี่ยนจากสีน้ำเงินเป็นสีเขียวน้ำเงิน rosocyanin ในสารละลายกรดมีสีแดง มีค่า λ max ที่ 540 nm และในสารละลายที่เป็นเบสมาก ๆ มีสีเขียวน้ำเงินมีค่า λ max ที่ 630 nm absorbance curres ที่พีเอชต่าง ๆ ของสารละลาย rosocyanin แสดงตามรูป 1.5



รูป 1.5 absorbance curves ที่พีเอชต่าง ๆ ของสารละลาย rosocyanin ในน้ำ–เอทธานอล อัตราส่วน 1:1

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Bellamy และคณะ (8) ได้ศึกษาอินฟราเรดสเปคตราของเคอร์-คิวมิน และ rosocyanin พบว่าเคอร์คิวมิน ให้แบนด์ที่มีความเข้มปานกลาง (medium intensity) ตรงตำแหน่ง 1600 cm^{-1} และ 1500 cm^{-1} ซึ่งเป็นการสั่นสะเทือนของกลุ่ม -C=C- ใน aromatic ring และมีแบนด์เดี่ยวที่มีความเข้มสูง (single strong band) ตรงตำแหน่ง 1625 cm^{-1} ซึ่งเป็น chelated type ของระบบ keto-enol สำหรับ rosocyanin นั้น แบนด์ตรงตำแหน่ง 1625 cm^{-1} จะหายไป แต่จะมีแบนด์ตรงตำแหน่ง 1530 cm^{-1} ซึ่งเป็นกลุ่ม -C=C- ที่เกิด conjugation และมีแบนด์ตรงตำแหน่ง 1587 cm^{-1} และ 1500 cm^{-1} ซึ่งเป็นกลุ่ม -C=C- ใน aromatic ring ตำแหน่งแบนด์ต่าง ๆ ของเคอร์คิวมินและของ rosocyanin แสดงตามตาราง 1.1

ตาราง 1.1 ตำแหน่งอินฟราเรดแบนด์ต่าง ๆ ของเคอร์คิวมิน และ rosocyanin ในพาราฟฟิน (8)

กลุ่ม	Normal frequency range (cm^{-1})	เคอร์คิวมิน (cm^{-1})	rosocyanin (cm^{-1})
OH(H bonded)	3500-3200	3400	-
OH(Chelated)	2800-2500	2600	-
CO(conjugated)	1690-1660	-	-
CO(chelated)	ca. 1600	1625	-
-C=C-	1680-1600	1600 ?	1530
-C=C- (rings)	ca. 1600	1600	1605,1587
	1500	1500	1500
-CH = CH- (trans)	965	962(s)	96 2(m)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สีผสมในเครื่องบริโภค (foodstuffs) จากสารประกอบโลหะเชิงซ้อนของเคอร์คิวมิน (9,10)

การเปลี่ยนแปลงสีของสีที่ได้จากธรรมชาติ (natural colorants) สามารถทำได้ โดยการให้ทำปฏิกิริยากับโลหะเกิดเป็นสารประกอบโลหะเชิงซ้อน ซึ่งผลที่ได้มีประโยชน์ในการนำไปใช้เป็นสีผสมในเครื่องบริโภคต่าง ๆ

เคอร์คิวมินเป็นสารที่มีในธรรมชาติและมีสีเหลือง สารประกอบโลหะเชิงซ้อนของเคอร์คิวมิน มีสีต่าง ๆ กันขึ้นอยู่กับชนิดของโลหะที่ใช้ในการเตรียมสารประกอบเชิงซ้อน สำหรับความเข้มของสีขึ้นอยู่กับอัตราส่วนโมลของโลหะต่อเคอร์คิวมินในสารประกอบเชิงซ้อนที่เกิดขึ้น โลหะสามารถที่จะเข้าทำปฏิกิริยา กับเคอร์คิวมิน เป็นสารประกอบเชิงซ้อน ได้โดยใช้อัตราส่วน 4 ถึง 5 โมลของเคอร์คิวมิน ต่อ 1 โมลของโลหะ (9)

โลหะที่ใช้ในการเตรียมสารประกอบเชิงซ้อนกับเคอร์คิวมินจะต้องสามารถเข้าเกิดพันธะกับอะตอมของออกซิเจนในเคอร์คิวมินได้ และอิออนลบหลังจากแยกตัว(dissociation) ออกจากโลหะแล้วจะต้องไม่ขัดขวางการเกิดสารประกอบโลหะเชิงซ้อนของเคอร์คิวมิน การเตรียมสารประกอบโลหะเชิงซ้อนของเคอร์คิวมิน เพื่อนำไปใช้เป็นสีผสมในเครื่องบริโภค เช่น เครื่องดื่ม, เจลาติน, ของหวาน, ไส้กรอก และ ชอส เป็นต้น แหล่งของโลหะที่ใช้ได้จาก คีบุก (II) คลอไรด์ หรือ คีบุก (II) คลอไรด์ไดไฮเดรท,สังกะสี(II) ซัลเฟต, โปตัสเซียมซัลเฟต หรือโปตัสเซียมคลอไรด์, อะลูมิเนียมซัลเฟต หรืออะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์, และ เหล็ก (III) คลอไรด์ (10) ส่วนเคอร์คิวมินได้จากเคอร์คิวมินสังเคราะห์(synthesized curcumin), สารที่สกัดได้จากผงขมิ้นด้วยตัวทำละลายเพียงชนิดเดียว (turmeric oleoresin), สารที่ได้จากการสกัดผงขมิ้นเพียงครั้งเดียว (single extract turmeric), สารที่ได้จากการสกัดผงขมิ้นหลาย ๆ ครั้ง multiple extract turmeric) และ spray-dried turmeric(9)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การเตรียมสีเพื่อที่จะนำไปใช้กับอาหารที่ละลายน้ำได้นั้น(ตัวอย่าง 1) ถ้าเคอร์คิวมินที่ใช้ไม่ละลายน้ำ จะต้องนำมาผสมกับตัวทำอิมัลชัน (emulsifier) เสียก่อน เพื่อทำให้สีที่เตรียมขึ้นละลายได้ในน้ำ ตัวทำอิมัลชันที่ใช้ได้แก่ polysorbates เช่น Polysorbate 60 ® หรือ Polysorbate 80® และโพรพีลีนไกลคอล ส่วนกรณีที่จะนำไปใช้กับอาหารที่ไม่ละลายน้ำ(ตัวอย่าง 2) จะผสมเด็กซ์ตริน (dextrin), modified starchs หรือ gums ลงไปในสารละลายของสารประกอบโลหะเชิงซ้อนของเคอร์คิวมิน แล้วทำให้เป็นผง โดยวิธี spray-dried หรือวิธีอื่น ๆ

ตัวอย่าง 1 (9) เติมสารละลายดีบุก (II) คลอไรด์ 1% ในน้ำ ลงในสารละลายของ spray-dried turmerie ในน้ำ ในอัตราส่วนโมลของดีบุก (II) ต่อเคอร์คิวมิน เท่ากับ 1 ต่อ 4.6 สารละลายของสารประกอบเชิงซ้อน ดีบุก (II) – เคอร์คิวมิน จะมีสีส้ม

ตัวอย่าง 2 (9) ละลายผงขมิ้นใน Polysorbate 80® ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส หลังจากปล่อยไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้องเติมสารละลายดีบุก (II) คลอไรด์–ไดไฮเดรท 1% ในน้ำ เมื่อปฏิกิริยาการเกิดสารประกอบเชิงซ้อนเกิดขึ้นแล้ว ซึ่งใช้เวลาประมาณ 15 นาที เติมสารละลาย Capsul ® ในน้ำลงไป และนำไปทำให้สารละลายผสมทั้งหมดอยู่ในรูปผง โดยวิธี spray dried

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 2 ข้อ คือ

1. เพื่อศึกษาสมบัติในการเป็นอินดิเคเตอร์ของสารประกอบเชิงซ้อนเคอร์คิวมินของโลหะเหล็ก (III), เหล็ก (II), วานาเดียม (III), โครเมียม (III), โคบอลต์ (II), ทองแดง (II), นิเกิล (II), แมงกานีส (II), สังกะสี (II), แคดเมียม (II), อะลูมิเนียม (III), ตะกั่ว (II) และดีบุก (II) ในอัตราส่วนโมลของโลหะต่อเคอร์คิวมินเท่ากับ 1 : 2 เปรียบเทียบกับเคอร์คิวมิน

2. เพื่อศึกษาสมบัติในการเป็นสีย้อม และความคงทนของสีต่อความร้อน, แสงแดด และการซักของสารประกอบเชิงซ้อนเคอร์คิวมิน ของโลหะ เหล็ก (III), เหล็ก (II), วานาเดียม (III), โครเมียม (III), โคบอลต์ (II), ทองแดง (II), นิเกิล (II), แมงกานีส (II), สังกะสี (II), แคดเมียม (II), อะลูมิเนียม (III), ตะกั่ว (II) และดีบุก (II) เปรียบเทียบกับเคอร์คิวมิน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved