



การนำใบทำมาค้าไปประโยชน์

และสายสัมพันธ์ ๒๕๖๓

ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ

คณบดีคณะเกษตรศาสตร์

รายงานผลการวิจัยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ KASETSART UNIVERSITY RESEARCH REPORT

TP
679
R5
ค26
2534

วิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

KASETSART UNIVERSITY RESEARCH AND DEVELOPMENT INSTITUTE

รายงานผลการวิจัยประจำปี 2534

โครงการวิจัย รหัส ท-อ.3.2.32

การนำไขรำข้าวมาใช้ประโยชน์

Utilization of Rice Bran Waxes

สาธิต สม ประดิษฐ์ดวง, เนื่อทอง วานานุวัตร, รุ่งทิพย์ จุฑามงคล

SAISANOM PRADITDOUNG, NUATONG VANANUVAT, RUNGTHIP JUTAMONGKONE

Abstract

Control of respiration and transpiration processes by means of waxing has been widely practiced for extending the freshness of fruit and vegetables with great success. The weight loss of waxed fruits and vegetables has been found to vary with types and concentration of waxes of the emulsion formular, and also the morphology of skin tissue of those fruits and vegetables. The objective of this investigation was to compare the effect of waxing with rice bran wax emulsion, carnuaba wax emulsion and carnuaba-rice bran wax mixture to the weight loss of mangoes (rad cultivar), carrots, sweet peppers and limes. The samples were treated by dipping in these three wax emulsions and the dilution containing 4,6,8, and 10% of wax solid. The quantity of wax emulsions used for waxing the horticultural produces were measured to compare coating ability of the waxes. Changing of the appearance and weight loss of those samples keeping at room temperature (30°C) and 22°C were observed until their qualities were unacceptable. It was found that only small amount of wax emulsion was used for each plant item which ranging between 0.6-1.8% depending on types of waxes and their concentrations. Those three wax emulsions has shown a good effect on the stability of chlorophyll but caused no noticable effect on carotenoids. They are also prominent in lowering weight losses of those fruits and vegetables but in different degree. It was concluded that 10% of the carnuaba wax emulsion was the best in lowering the weight loss of the mangoes and limes but it developed off flavour in the mangoes. The emulsion of

carnuaba-rice bran wax mixture at 8% gave the best result in reducing weight loss of the carrots keeping at both temperatures. The emulsion of rice bran wax at 10% was the best for waxing sweet peppers which being kept at 22°C.

บทคัดย่อ

การควบคุมอัตราการหายใจและการคายน้ำในผักผลไม้สดด้วยวิธีการเคลือบไข เพื่อรักษาความสดนั้นให้ผลดีและเป็นที่ยอมรับปฏิบัติกันอย่างกว้างขวาง การสูญเสียน้ำหนักของผักผลไม้ที่เคลือบไขแล้วมีความแตกต่างกันขึ้นกับชนิดไขและความเข้มข้นของอิมัลชันไขรวมถึงลักษณะโครงสร้างเซลล์ผิวของผักและผลไม้ นั้น งานวิจัยนี้จึงทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสูตรอิมัลชันไขที่เตรียมขึ้นเองจาก ไขรำข้าว ไขคาร์นูบา และไขผสมของไขทั้งสองชนิดต่อการป้องกันการสูญเสียน้ำหนักของมะม่วงแฉะ แครอท พริกหวานและมะนาว นำตัวอย่างผักผลไม้ดังกล่าวมาเคลือบไขโดยการจุ่มในอิมัลชันไขทั้ง 3 สูตรที่ระดับความเข้มข้นของไข 4, 6, 8, 10% หาสีปริมาณไขที่ใช้ไปในการเคลือบ เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (30° ซ) และ 22° ซ เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของลักษณะปรากฏและการสูญเสียน้ำหนักของผักผลไม้พบว่าชนิดไขและความเข้มข้นของไขที่ต่างกันใช้ปริมาณอิมัลชันเคลือบที่ผิวต่างกัน อย่างไรก็ตามในการเคลือบไขทั้งสามสูตรนี้สิ้นเปลืองไขน้อยมากคือประมาณ 0.6-1.8% อิมัลชันไขทั้งสามสูตรนี้จะมีผลต่อการชะลอการเปลี่ยนสีเขียวของคลอโรฟิลล์ในผักผลไม้ได้อย่างชัดเจนแต่ไม่มีผลที่สังเกตได้ต่อแคโรทีนอยด์และช่วยลดการสูญเสียน้ำหนัก ป้องกันการเหี่ยวเฉาในผักผลไม้ตัวอย่างได้ดี แต่ประสิทธิภาพจะต่างกันบ้างตามชนิดไขพอจะสรุปได้ว่า มะม่วงและมะนาวที่เคลือบด้วยอิมัลชันไขคาร์นูบาที่เข้มข้น 10% มีประสิทธิภาพสูงสุดในการลดการสูญเสียน้ำหนัก แต่จะมีผลเสียคือกลิ่นรสของมะม่วง อิมัลชันไขผสมที่เข้มข้น 8% จะมีประสิทธิภาพสูงสุดในการลดการสูญเสียน้ำหนักของแครอทที่เก็บไว้ที่ทั้งสองอุณหภูมิ ส่วนอิมัลชันไขรำข้าวเข้มข้น 10% จะมีประสิทธิภาพสูงสุดต่อการเคลือบพริกหวานที่เก็บรักษาไว้ที่ 22° ซ

คำนำ

ผักผลไม้สดจะมีการเสื่อมเสียในปริมาณสูงช่วงหลังการเก็บเกี่ยว ขนถ่ายและการจัดจำหน่าย การเสื่อมเสียที่พบได้แก่การคายน้ำซึ่งส่งผลให้ผักผลไม้สูญเสียน้ำหนักและปรากฏอาการเหี่ยวเฉาขึ้นจนไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค หรือเกิดการเน่าเหม็นขึ้นที่ผิวดังเช่น ส้ม และมะนาวและต่อเนื่องไปถึงการเปลี่ยนสีและกลิ่นรสของผักผลไม้ นั้น ๆ ด้วยอาการเหี่ยวเฉาของผักผลไม้จะปรากฏให้เห็นได้ เมื่อมีการสูญเสียน้ำหนักไปเพียงเล็กน้อยเท่านั้น เช่น พริกหวานและมะเขือจะปรากฏอาการเหี่ยวเฉาเมื่อเสียน้ำหนักไปเพียง 2-3% จากน้ำหนักเริ่มต้น องุ่นจะปรากฏเมื่อเสียน้ำหนักไป 5-6% ส่วนแอปเปิ้ลจะปรากฏอาการ

เหี่ยวเฉาเมื่อสูญเสียน้ำหนักไป 5-8% (Allen and Pentzer, 1934) นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าอาหารเหี่ยวเฉายังมีผลต่อการเสื่อมคุณภาพทางโภชนาการของผักและผลไม้อีกด้วย ดังเช่นผลงานของ Ezell and Wilcox (1959) ได้รายงานว่าในการเก็บรักษาผักคะน้าไว้ที่ 21° ซ นาน 2 วัน เกิดการเหี่ยวเฉาและมีผลต่อการสูญเสียวิตามินซีและยังมีผลต่อการเร่งการเกิดออกซิเดชันของแคโรทีนoid ทำให้เกิดการสูญเสียวิตามินเอในพืชผักที่มีแคโรทีนสูงด้วย การเก็บรักษาผักผลไม้สดจึงมุ่งที่จะป้องกันปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่ก่อปัญหาดังกล่าวแล้ว วิธีการที่ยอมรับเพื่อแก้ปัญหานั้นคือการเคลือบผิวผักและผลไม้ด้วยอิมัลชันไขมันชนิดต่าง ๆ ทั้งที่เป็นไขมันธรรมชาติ และไขมันที่สังเคราะห์ขึ้น

งานการเคลือบไขมันผักผลไม้ในเชิงพาณิชย์ได้ทำกันมานานแล้ว ผลไม้ชนิดแรกที่นำมาเคลือบคือส้ม และมีรายงานว่า การเคลือบนี้จะช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักผักผลไม้เนื่องจากการคายน้ำได้ถึง 30-50% ในสภาวะการวางจำหน่าย การลดอัตราการคายน้ำของผักผลไม้ที่เคลือบไขมันจะแตกต่างกันไปตามชนิดของไขมันที่ใช้ และความเข้มข้นของอิมัลชันไขมันซึ่งหมายถึงความหนาของไขมันที่เคลือบนั่นเอง Erbil and Muftugil, (1986) ได้กล่าวว่าไขมันชนิดหนึ่งอาจเหมาะสมจะใช้เคลือบผลไม้ชนิดหนึ่งแต่อาจไม่เหมาะสมกับอีกชนิดหนึ่งได้ เพราะผลไม้แต่ละชนิดมีโครงสร้างของเซลล์ต่างกันและต้องการออกซิเจนในการหายใจในปริมาณที่ต่างกัน

แม้การเคลือบผิวด้วยอิมัลชันไขมันจะให้ผลดีในการป้องกันการสูญเสียน้ำหนักแต่ในขณะเดียวกันไขมันก็จะเป็นเกราะกักขังการซึมเข้าของออกซิเจนและการแพร่กระจายของคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากเนื้อเยื่อของผักผลไม้ ทำให้มีการสะสมของคาร์บอนไดออกไซด์สูงในเนื้อเยื่อทำให้รูปแบบการหายใจเปลี่ยนไปจากเดิมและเกิดการหมักขึ้นส่งผลให้เกิด acetaldehyde และ ethanol ขึ้นก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของกลิ่นรสของผักผลไม้ประเภทแอปเปิลและแพร์ (Smagula and Bramlage, 1977) อีกทั้งยังเกิดการเสื่อมเสียทางสรีรได้อีกด้วย จากข้อมูลดังกล่าวแล้วงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะเปรียบเทียบประสิทธิภาพของอิมัลชันไขมันที่เตรียมจากไขมันรำข้าว ไขมันรำข้าวผสมไขมันรำข้าว และไขมันรำข้าว ความสูตรและวิธีของ สายสนมและคณะ (2533) ในการเคลือบผิวผักผลไม้ชนิดต่าง ๆ ที่ระดับความเข้มข้นของไขมันแตกต่างกัน

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. อิมัลชันไขมันรำข้าวอิมัลชันไขมันรำข้าวและอิมัลชันไขมันรำข้าวผสมไขมันรำข้าว

อัตราส่วน 1:1

2. ตัวอย่างผักผลไม้ มะม่วงแรดแก่จัดยังไม่สุก, มะนาว, แครอท และพริกหวาน
3. เครื่องมือวัดอัตราการหายใจ
4. โครมาโตกราฟีก๊าซ
5. เครื่องชั่ง

6. เครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์

7. ตู้ควบคุมอุณหภูมิ

วิธีการ

1. หาปริมาณโซที่ใช้ไปในการเคลือบผิวตัวอย่างผักผลไม้ที่ความเข้มข้นต่างกัน นำผักผลไม้มาตัดแต่งให้เหมาะสมแล้วด้วยคลอรีนไดออกไซด์ (Cl_2O) ที่เข้มข้น 50 ppm. ผึ่งให้แห้งจึงทำการเคลือบด้วยอีมีลชันโซ 3 ชนิดที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 4, 6, 8, 10 โดยการจุ่มลงไปให้มิดปากออกวางบนตะแกรง ซึ่งน้ำหนักอีมีลชันโซก่อนจุ่มตัวอย่างและหลังการจุ่ม นำมาคำนวณค่าความแตกต่างเทียบเป็นร้อยละของน้ำหนักตัวอย่าง

2. เปรียบเทียบประสิทธิภาพของอีมีลชันโซ 3 สูตรที่ช่วยชลอการเปลี่ยนแปลงของผักผลไม้ตัวอย่างที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน เตรียมตัวอย่างผักผลไม้เช่นเดียวกับข้อ 1 นำมาเคลือบโซด้วยการจุ่ม นำวางบนตะแกรงเป่าให้แห้งด้วยพัดลม ซึ่งน้ำหนักสำหรับมะม่วงแรดน่าเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง $30^{\circ}\text{C} \pm 4$ ความชื้นสัมพัทธ์ 50-70% และทำการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงดังต่อไปนี้

2.1 สังเกตการเปลี่ยนแปลงลักษณะปรากฏด้วยวิธีตรวจพินิจ

2.2 วัดการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนัก

2.3 หากการเปลี่ยนแปลงอัตราการหายใจ โดยการวัดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่แพร่กระจายออกมาที่อุณหภูมิห้อง

ตัวอย่างแครอทเมื่อเคลือบโซแล้วนำมาเก็บที่อุณหภูมิห้องและในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 22°C ความชื้นสัมพัทธ์ 40-50% พริกหวานนำมาเก็บรักษาเฉพาะในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่สภาวะเดียวกัน ส่วนมะนาวเก็บที่อุณหภูมิห้อง ($30^{\circ}\text{C} \pm 4$) แล้วจึงทำการตรวจสอบความเปลี่ยนแปลงตามข้อ 2.1 และ 2.2

3. เปรียบเทียบประสิทธิภาพอีมีลชันโซที่ผลิตขึ้นเองกับอีมีลชันโซที่ผลิตเป็นการค้า นำอีมีลชันโซที่ผลิตขึ้นเอง 3 สูตรกับอีมีลชันโซทางการค้าชื่อ Epolene ที่ระดับความเข้มข้น 6% มาเคลือบผิวมะนาวเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง แล้วตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงตามข้อ 2.1 และ 2.2

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ปริมาณโซที่ใช้ไปในการเคลือบผิวผักผลไม้ที่ความเข้มข้นต่างกัน

จากผลการทดลองพบว่าชนิดอีมีลชันโซจะให้ผลต่างกันใบปริมาณโซที่ใช้เคลือบผักผลไม้ชนิดเดียวกันโดยเฉพาะโซคาร์บูนาและโซว่าขาวและผักผลไม้ต่างกันก็จะใช้โซในปริมาณที่ต่างกันดังแสดงใน Table 1 การเคลือบผิวมะม่วงแรดจะใช้อีมีลชันโซคาร์บูนาที่ค่าที่สุดคือ 0.6% แครอทใช้โซว่าขาวค่าที่สุดคือ 0.9% พริกหวานใช้โซคาร์บูนาค่าที่สุดคือ 1.0% เช่นเดียวกับมะนาวแค่ใช้เพียง 0.7% ในอีมีลชันโซที่มีความเข้มข้นโซสูงมีแนวโน้มจะสิ้นเปลืองอีมีลชันในการเคลือบผิวมากกว่า การที่ชนิดของผักผลไม้มีผลต่อปริมาณการใช้โซเคลือบผิวต่างกันเนื่องจากพื้นที่ผิวหน้าและลักษณะทางสรีรของผิวต่างกัน บางชนิดมีผิว

Table 1 Percentage of wax emulsion used in waxing fruits and vegetables by dipping at various wax concentrations.

Type of wax emulsion	Concentration of wax (%)	Wax emulsion used in waxing (%)							
		Mangoes (Rad cultivar)	Average	Carrots	Average	Sweet Peppers	Average	Limes	Average
Rice bran	4	1.2		0.8		1.0		0.8	
	6	1.3	1.3	0.8	0.9	1.0	1.1	0.8	0.9
	8	1.2		1.1		1.0		0.9	
	10	1.3		1.0		1.2		1.1	
Carnuaba	4	1.6		1.7		1.1		0.8	
+	6	1.0	1.3	1.6	1.8	1.0	1.1	0.7	
Rice bran	8	1.3		1.7		1.1		0.8	0.8
(1:1)	10	1.3		2.0		1.2		1.0	
Carnuaba	4	0.6		1.4		1.0		0.9	
	6	0.6	0.6	1.4		0.8	1.0	0.9	
	8	0.6		1.8	1.6	1.0		0.8	0.7
	10	0.7		1.9		1.1		1.0	
Epolene	6	-	-	-	-	-	-	0.9	-

เรียบเรียงขึ้นมะม่วง มะม่วงจะใช้ปริมาณค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับดอกและพริกหวานซึ่งมีผิวขรุขระกว่า และปริมาณที่ใช้ต่ำกว่านี้เนื่องจากความแตกต่างของความหนืด และสมบัติการเปียกผิวตลอดจนการเกาะติดของอิมัลชันไข ดังจะเห็นได้จากอิมัลชันไขคารับูบาซึ่งมีความหนืดต่ำกว่าอิมัลชันไขผลของไขคารับูบาและไขรำข้าว (สาบคนมและคณะ 2533) จะใช้ไปรับปริมาณต่ำกว่าอย่างชัดเจนในการเคลือบผิวมะม่วง การเคลือบผิววิธีจุ่มนี้จะสิ้นเปลืองไขบางส่วนจากการไหลหยดหลังการจุ่มและพักไว้ให้แห้ง แต่ถ้าทำไขปริมาณมากสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ อย่างไรก็ตามจะเห็นว่า การเคลือบไขด้วยอิมัลชันไข 3 สูตรนี้และด้วยวิธีนี้จะสิ้นเปลืองไขน้อยมากคือประมาณ 0.6-1.8% น่าจะคุ้มต่อการลงทุน

2. ประสิทธิภาพของอิมัลชันไขชนิดต่าง ๆ ที่มีผลต่อมะม่วงแรด

2.1 การเปลี่ยนแปลงลักษณะปรากฏ จากผลการตรวจพิสูจน์พบว่าอิมัลชันไขคารับูบาจะให้ความมันวาวดีกว่าอิมัลชันไขอีกสองชนิดซึ่งอาจดูเป็นข้อดีก็ได้เพราะเป็นธรรมชาติกว่า อิมัลชันไขทุกชนิดจะมีผลต่อการเปลี่ยนสีและการสูญเสียน้ำหนักของมะม่วงได้เท่าเทียมกัน มะม่วงที่เคลือบไขยังคงสีเขียวของคลอโรฟิลล์ไว้ได้ดี ความเข้มข้นของไขที่ต่างกันจะให้ผลต่อการเปลี่ยนสีและการสูญเสียน้ำหนักได้แตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัดเมื่อเทียบกับมะม่วงที่ไม่เคลือบไข ดังแสดงใน Figure 1.

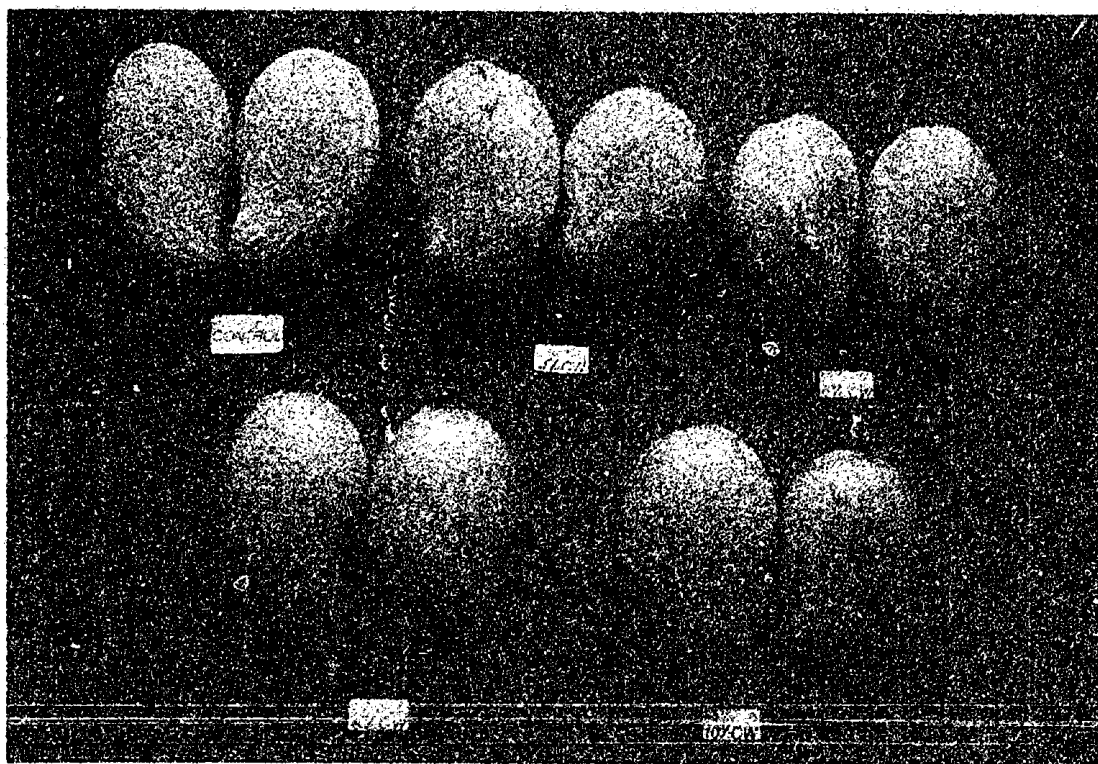


Figure 1 Appearance of waxed and nonwaxed mangoes (Rad cultivar) at different wax concentrations, keeping at room temperature for 8 days. (control = nonwaxed cw = carnuaba wax)

2.2 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนัก พบว่าอิมัลชันไขมันทุกชนิดช่วยป้องกันการสูญเสีย น้ำหนักของมะม่วงแรดได้ค้ อิมัลชันไขมันขาวที่ความเข้มข้น 10% สูญเสียน้ำหนักไปเพียง 6.3% เมื่อเทียบกับมะม่วงที่ไม่เคลือบไขมันมีการสูญเสียน้ำหนักถึง 15.9% เมื่อเก็บไว้ที่ อุณหภูมิห้องนาน 8 วัน แสดงว่าไขมันขาวจะลดการสูญเสียน้ำหนักได้ถึง 60.4% ที่ความเข้มข้นของไขมันสูงจะมีผลให้เกิดการสูญเสียน้ำหนักต่ำในไขมันทุกชนิด ซึ่งจะเห็นได้ชัดในช่วง แรกแต่จะมีการแปรปรวนบ้างในช่วงหลังดังแสดงใน Table 2 ประสิทธิภาพในการลดการ สูญเสียน้ำหนักของมะม่วงแรดจึงขึ้นกับความเข้มข้นของอิมัลชันไขมันเมื่อนำค่าการสูญเสียน้ำหนักค่าที่สูงสุดความระดัความเข้มข้นของไขมันแต่ละชนิดมาเปรียบเทียบกับจะเห็นว่าอิมัลชันไขมันขาวที่เข้มข้น 10% จะมีประสิทธิภาพสูงที่สุดในการลดการสูญเสียน้ำหนักของมะม่วงแรด ซึ่งไม่แตกต่างกับนักกับอิมัลชันไขมันผสมที่เข้มข้นเพียง 8% ดังแสดงใน Figure 2 ในกรณีที่มีการผลิตไขมันขาวได้เองในประเทศราคาอิมัลชันไขมันผสมน่าจะราคาถูกกว่าการใช้ไขมันขาวที่ต้องสั่งเข้ามาจากต่างประเทศ แต่ในกรณีที่ไขมันทั้งสองราคาเท่ากันน่าจะเลือกใช้อิมัลชันไขมันขาวเข้มข้น 10% เพราะจะสิ้นเปลืองไขมันในการเคลือบมะม่วงแรดต่ำกว่าคือ 0.7% เทียบกับอิมัลชันไขมันผสมจะสิ้นเปลืองไขมันถึง 1.3% ตาม Table 1

2.3 การเปลี่ยนแปลงอัตราการหายใจของมะม่วงแรด

จากผลการทดลองพบว่าอิมัลชันไขมันทั้ง 3 ชนิดสามารถลดอัตราการหายใจของมะม่วงแรดได้อย่างชัดเจนในทุกระดับความเข้มข้นของไขมันดังแสดงใน Figure 3, 4 และ 5 ไขมันแต่ละชนิดจะมีผลต่ออัตราการหายใจของมะม่วงแรดต่างกันไปบ้างเช่น อิมัลชันไขมันขาวเข้มข้น 10% ยังคงรักษารูปแบบอัตราการหายใจแบบ climacteric ไว้ได้ดีที่สุดและยืดช่วงการสุกยาวออกไปได้ถึงวันที่ 7 เมื่อเทียบกับมะม่วงไม่เคลือบจะสุกภายใน 3 วัน อิมัลชันไขมันผสมทุกความเข้มข้นจะไม่แตกต่างกันแต่ยังคงรูปแบบของอัตราการหายใจแบบ Climacteric ไว้ได้ ส่วนอิมัลชันไขมันขาวจะเห็นความต่างของอัตราการหายใจได้ชัดเจนในแต่ละความเข้มข้นของไขมันที่ความเข้มข้นไขมัน 4% จะเริ่มสุกในวันที่ 5 และมีอัตราการหายใจค่อนข้างสูงคือที่ 69 ml/kg/hr ประมาณครึ่งเท่าของอัตราการหายใจสูงสุดของมะม่วงไม่เคลือบไขมันคือ 140 ml/kg/hr อัตราการหายใจที่เปลี่ยนแปลงนี้ เกิดจากอัตราการซึมผ่านของออกซิเจนเข้าไปในเนื้อเยื่อต่ำมากเกินไปจึงมีผลให้มีการสะสมคาร์บอนไดออกไซด์สูงในเนื้อมะม่วงเกิดการหมักขึ้น และมีผลกระทบต่อกลิ่นรสของมะม่วงค่อนข้างชัดเจนเพราะในช่วงปลายการทดลองได้ทดลองชิมพบว่าส่วนใหญ่จะมีกลิ่นคล้ายมะม่วงคองซึ่งสอดคล้องกับผลงานของ Smagula and Bramlage (1977) การทดลองนี้จึงสมควรที่จะศึกษาต่อไปเพื่อหาระดับความเข้มข้นไขมันที่เหมาะสมโดยลดความเข้มข้นลงและทดสอบโดยการชิมประกอบด้วย

3. ประสิทธิภาพของอิมัลชันไขมันชนิดต่าง ๆ ที่มีผลต่อแคโรทีน

3.1 การเปลี่ยนแปลงลักษณะปรากฏ พบว่าอิมัลชันไขมันทุกชนิดไม่มีผลต่อการเปลี่ยนสีของแคโรทีน แต่มีผลต่อการสูญเสียน้ำหนักเห็นได้ชัดเจนดังแสดงใน Figure 6 ไขมันขาวยังคงให้ความมันวาวได้ดีกว่าไขมันชนิดอื่น แสดงว่าไขมันทุกชนิดไม่มีผลต่อสีประเภทแคโรทีนอยด์ ซึ่งต่างจากลิคโลโรฟิลล์

Table 2 Weight loss of mangoes after waxing with varying concentrations of different waxes and kept at room temperature (30°C $\pm$ 4, RH 50-70%)

Storage time (days)	Weight loss (%)												
	Non waxed	Rice bran wax concentration (%)				Rice bran + carnuaba wax concentration (%)				carnuaba wax concentration (%)			
		4	6	8	10	4	6	8	10	4	6	8	10
2	4.2	1.8	1.4	1.1	1.1	1.5	1.1	1.1	1.1	1.8	1.5	1.0	0.9
4	8.6	3.5	2.9	2.3	3.8	2.6	2.1	1.5	1.8	3.3	2.6	3.1	1.6
6	12.4	5.0	4.3	3.4	5.1	4.0	3.1	2.8	2.6	4.8	4.2	4.0	4.4
8	15.9	6.3	5.6	4.4	6.3	5.4	4.1	3.7	3.5	6.3	5.4	5.5	3.5
10	-	-	6.8	5.5	7.5	-	4.8	4.4	4.2	-	6.4	5.9	4.3

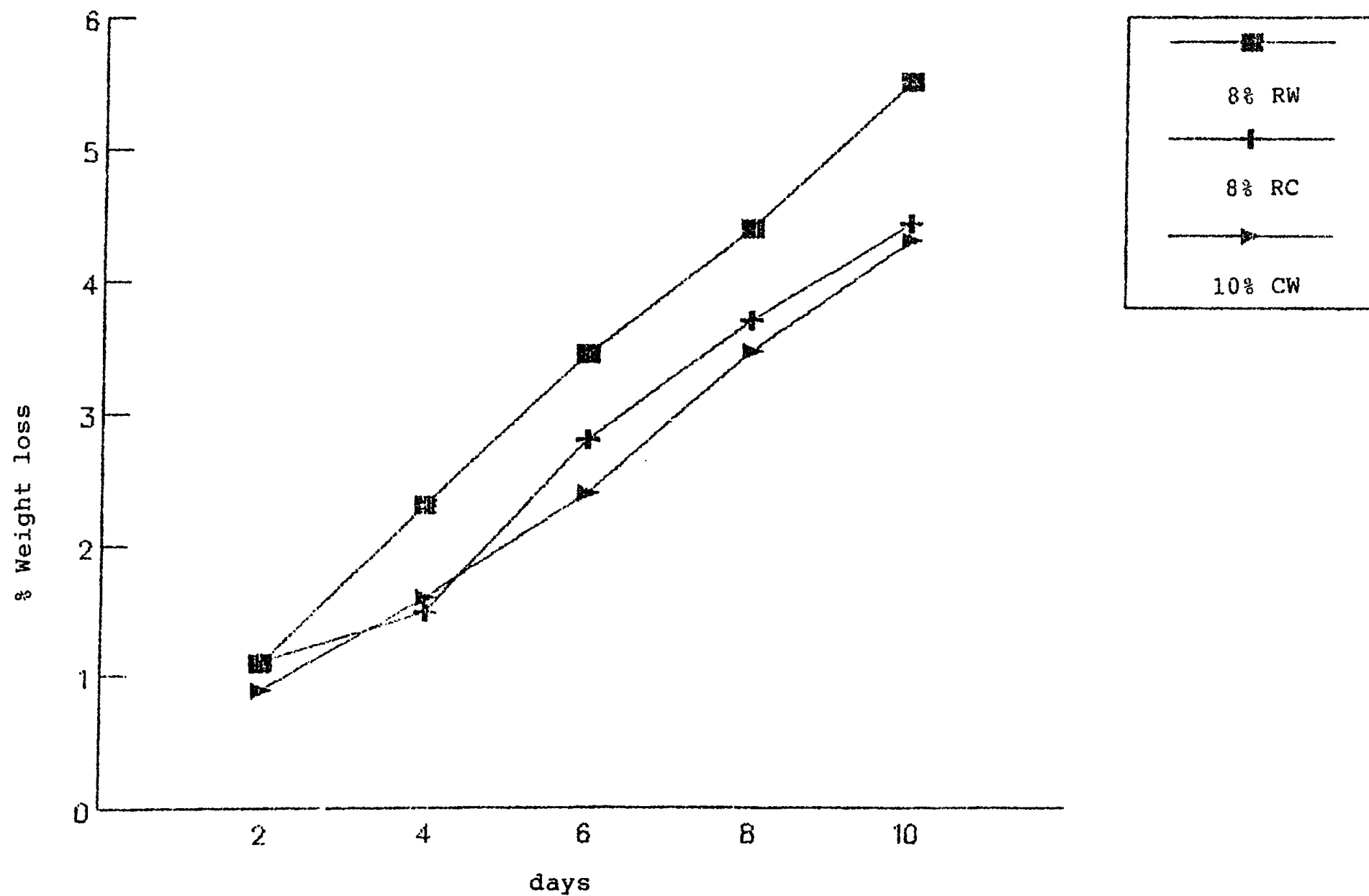


Figure 2. Weight loss of mangoes at the best concentration of rice bran (RW) carnuaba (CW) and rice bran-carnuaba wax (CR) emulsion kept at room temperature for 10 days

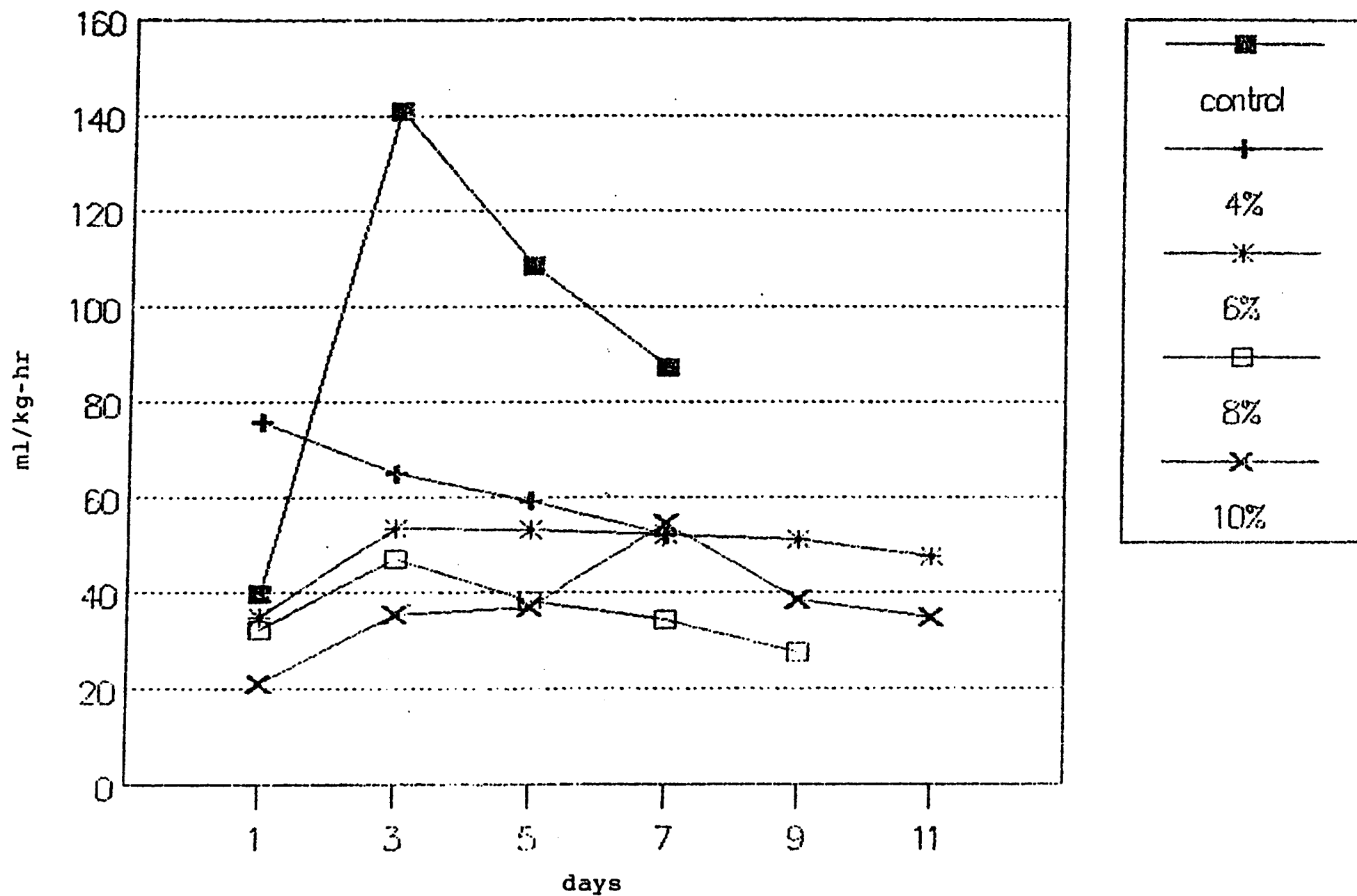


Figure 3. Rate of respiration of mangoes after waxing with rice bran wax emulsion at various concentrations.

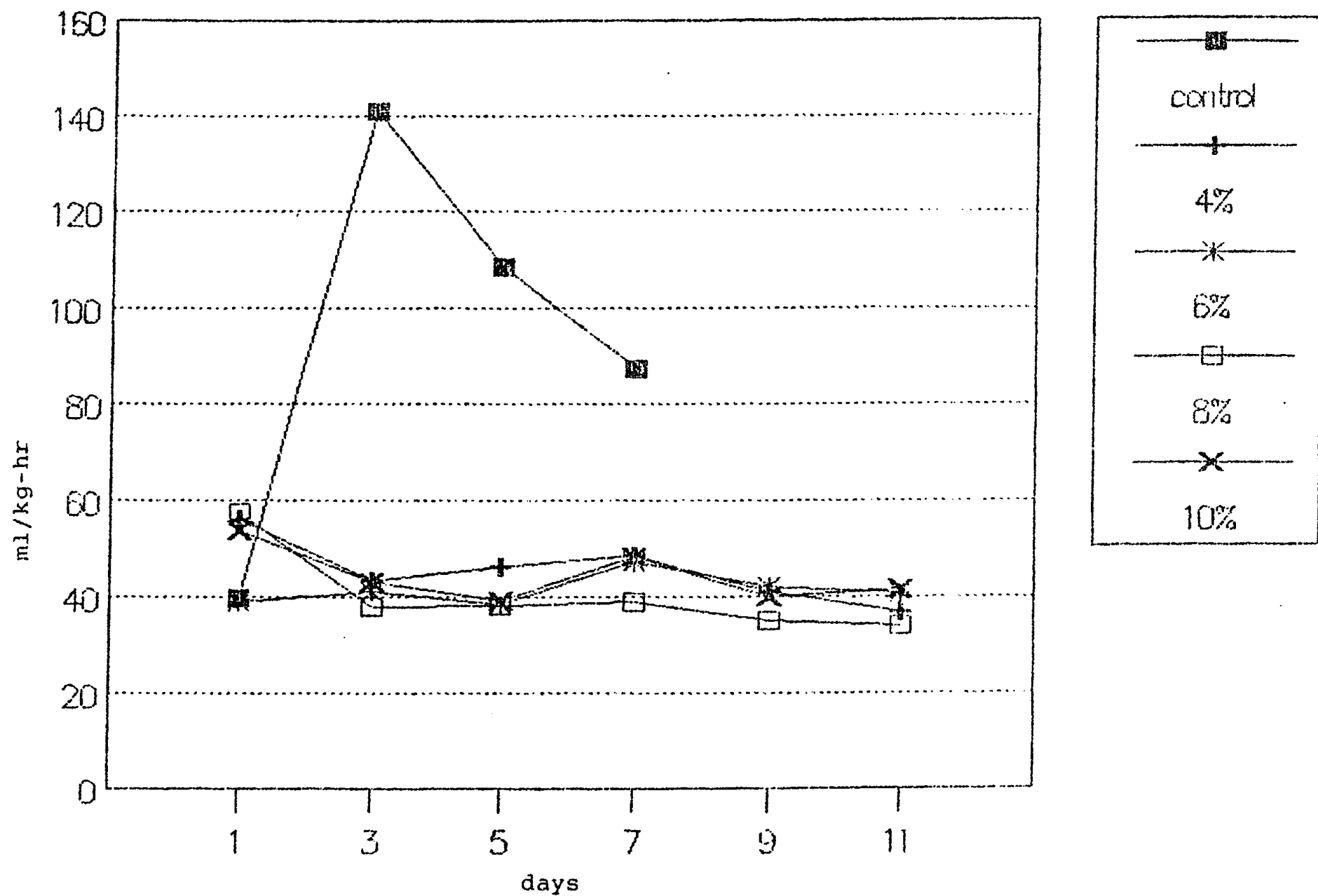


Figure 4. Rate of respiration of mangoes after waxing with rice bran and carnauba wax emulsion at various concentrations.

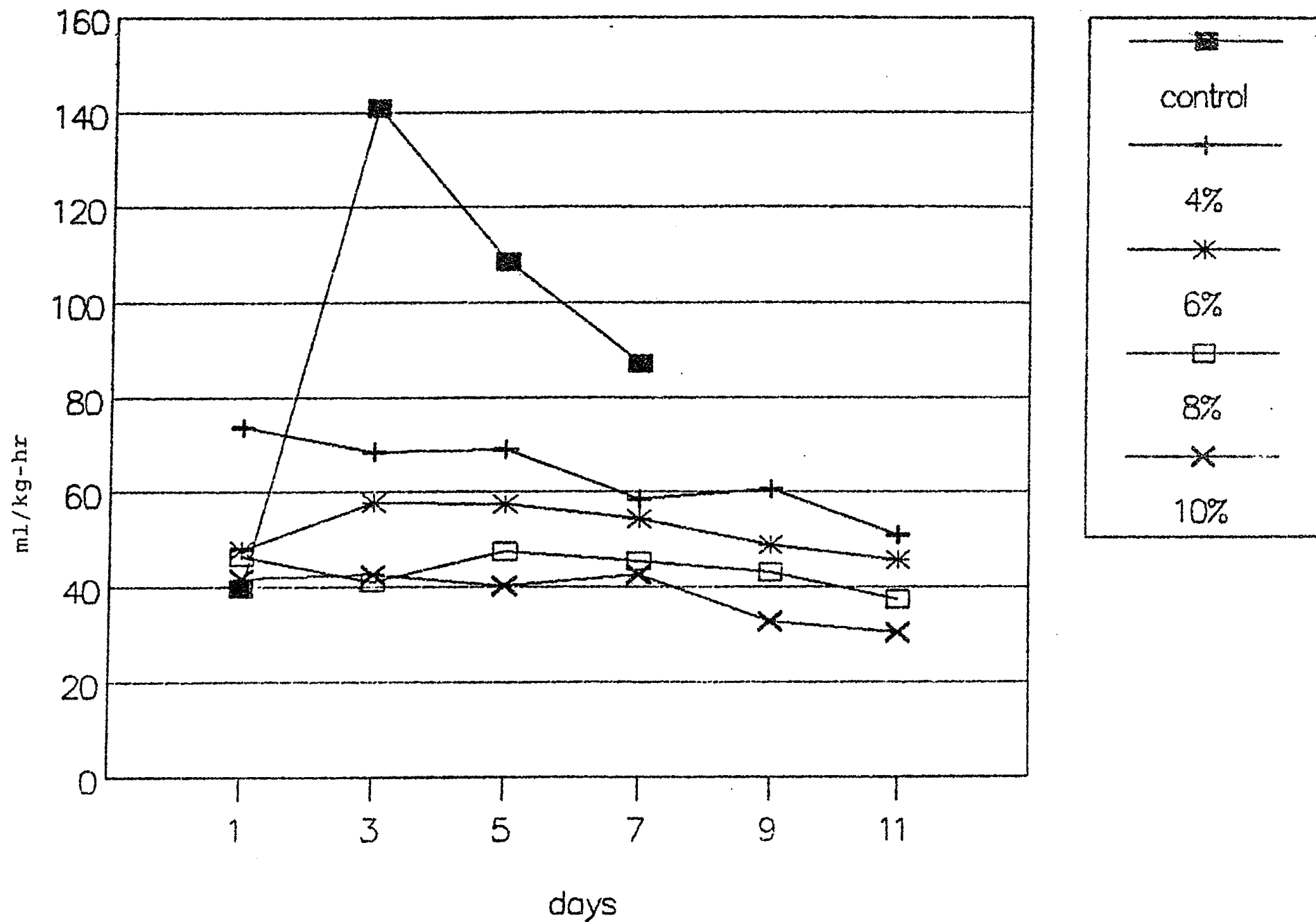


Figure 5. Rate of respiration of mangoes after waxing with carnauba wax emulsion at various

3.2 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนัก

จากผลการทดลองพบว่าอิมัลชันไขมันชนิดนี้มีผลต่อการป้องกันการสูญเสียน้ำหนักของแครอทได้ดีโดยเฉพาะเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 22°C นาน 10 วันอิมัลชันไขมันที่เข้มข้น 8% จะลดการสูญเสียน้ำหนักได้ถึง 35.5% เมื่อเทียบกับแครอทที่ไม่เคลือบไขมันส่วนที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องจะป้องกันการสูญเสียน้ำหนักได้เพียง 18.9% ซึ่งต่างกันเกือบเท่าตัว ดังนั้นหากจะเก็บแครอทไว้บนสภาพเย็นควรจะใช้เคลือบไขมันเพื่อป้องกันการสูญเสียน้ำหนัก เพราะมีค่าความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ จากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของอิมัลชันไขมันทั้ง 3 ชนิดพบว่าไขมันที่ความเข้มข้น 8% ให้ผลสูงสุดในการป้องกันการสูญเสียน้ำหนักของแครอททั้งที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องและที่อุณหภูมิ 22°C ดังแสดงใน Table 3 และ Figure 7 และ 8 สำหรับภาพที่ 8 จะเห็นว่าไขมันที่เข้มข้นถึง 10% ยังให้ผลน้อยกว่าไขมันที่เข้มข้น 8% จากภาพที่ 6 และตารางที่ 3 พอจะกล่าวได้ว่าแครอทจะแสดงอาการเหี่ยวเฉาเมื่อสูญเสียน้ำหนัก 19.7% ขึ้นไปโดยจะเริ่มเหี่ยวจากส่วนปลายราก

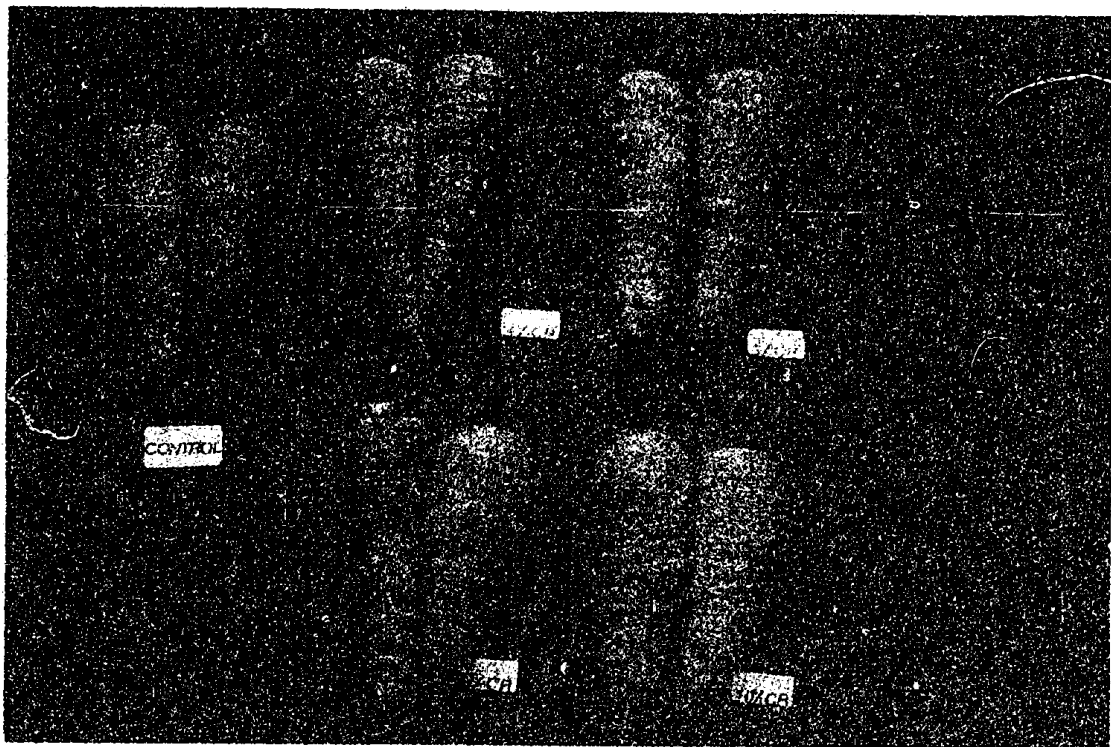


Figure 6 Appearance of waxed and nonwaxed carrots at different wax concentrations after keeping at 22°C for 8 days.

4. ประสิทธิภาพของอิมัลชันไขมันต่าง ๆ ที่มีผลต่อพริกหวาน

4.1 การเปลี่ยนแปลงลักษณะปรากฏ จะเห็นว่าอิมัลชันไขมันทุกชนิดจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงและอาการเหี่ยวเฉาของพริกได้ค่อนข้างชัดเจน ดังแสดงใน Figure 9 และพบว่าไขมันที่มีอิมัลชันไขมันชนิดนี้มีผลต่อการรักษาสีเขียวของผลพริกได้ดี เช่นเดียวกับการเปลี่ยนสีผิวของมะม่วง

Table 3 Weight loss of Carrots after waxing with various concentrations of different wax emulsions and keeping at room temperature (30°C $\pm$ 4, RH. 50-70%) and 22°C RH 40-50%

Storage time (days)	Weight loss (%)												
	Non waxed	Rice bran wax concentration				Rice bran + carnuaba wax concentration				carnuaba wax concentration			
		(%)				(%)				(%)			
		4	6	8	10	4	6	8	10	4	6	8	10
30° C $\pm$ 4; RH50-70%													
2	5.1	5.0	4.9	3.5	4.6	3.6	3.3	2.7	7.9	4.6	4.5	3.3	3.1
4	12.9	10.7	10.8	7.6	8.5	8.2	7.9	6.1	12.0	9.5	10.8	8.5	7.5
6	19.6	16.9	16.7	12.4	14.6	13.0	12.3	9.3	15.7	13.6	16.6	12.5	11.9
8	28.5	24.2	21.7	18.0	21.3	22.1	18.3	13.1	19.4	20.1	24.6	17.8	16.6
10	36.9	30.6	28.1	24.5	26.6	29.1	24.1	18.0	24.3	29.0	30.7	22.8	24.0
22° C; RH40-50%													
2	7.5	5.6	5.4	4.2	5.6	4.5	3.7	3.2	3.4	7.2	4.4	6.3	4.3
4	22.7	13.3	10.9	8.7	13.5	11.4	9.5	8.3	12.9	15.7	15.2	12.1	11.1
6	32.5	19.9	18.6	15.7	22.0	19.1	14.7	12.7	22.1	21.5	20.5	16.8	16.1
8	44.8	28.4	27.1	24.4	29.7	26.9	19.7	17.3	26.9	28.6	27.7	23.6	19.0
10	57.8	37.7	38.4	23.0	36.7	35.3	26.5	22.3	31.6	39.3	37.2	32.0	25.0

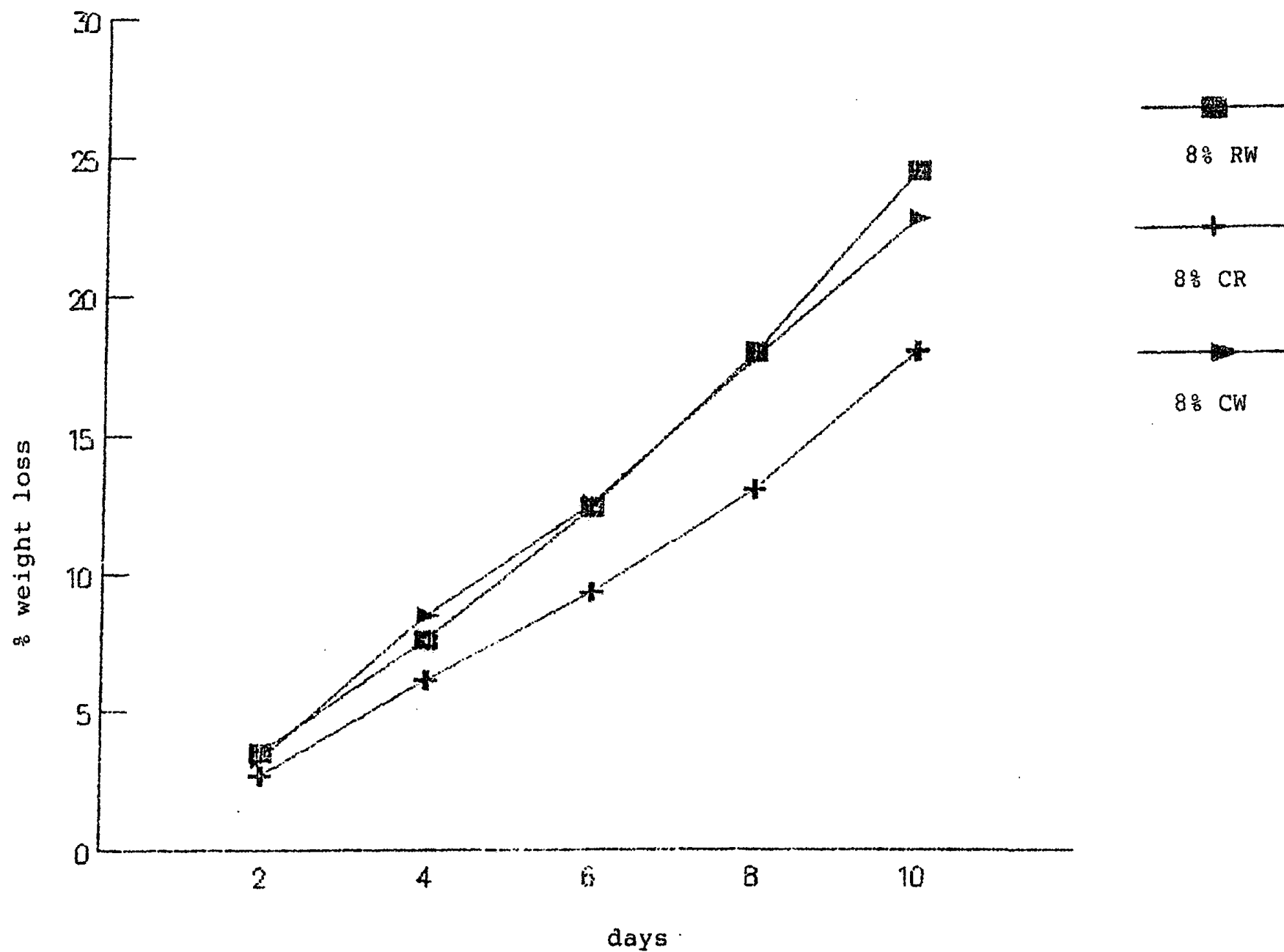


Figure 7. Weight loss of carrots at the best concentration of rice bran, carnuaba and

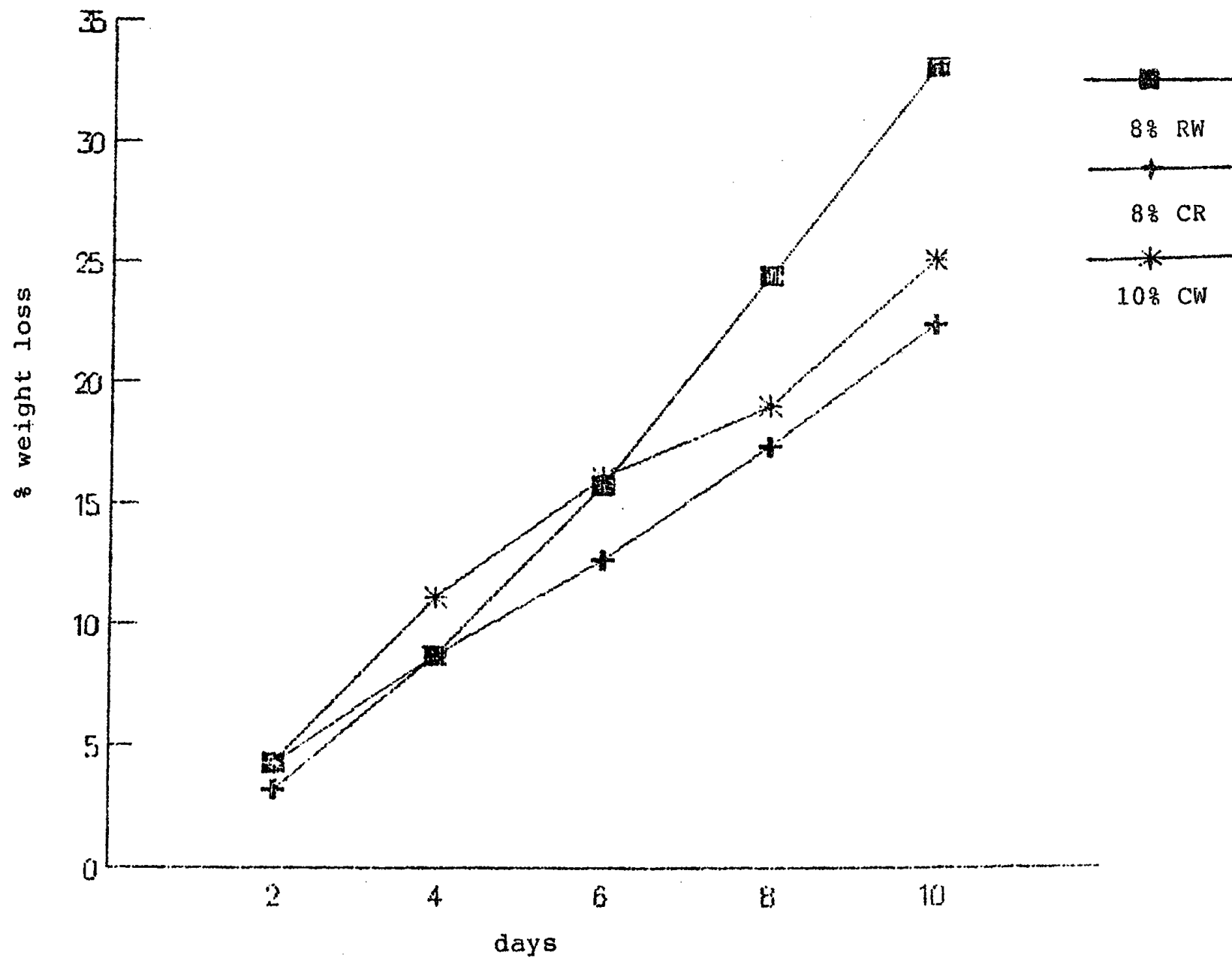


Figure 8. Weight loss of carrots at the best concentration of rice bran, carnuaba and rice bran-carnuaba wax keeping at 22°C

4.2 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนัก พบว่าอิมัลชันไขทุเรียนชนิดมีผลต่อการสูญเสีย น้ำหนักของพริกหวานได้และที่ระดับความเข้มข้นของไขค่าจะมีผลต่อการสูญเสีย น้ำหนักสูงกว่าค่าจะมีประสิทธิภาพต่างกันอย่างมีความสำคัญดังเช่น อิมัลชันไขรำข้าวที่เข้มข้น 10% จะช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักได้ถึง 50.6% เมื่อเทียบกับพริกหวานที่ไม่เคลือบไขเก็บรักษาไว้ที่ อุณหภูมิ 22° ซ นาน 7 วัน ดังแสดงใน Table 4 ซึ่งจัดว่ามีประสิทธิภาพสูงสุดเมื่อเทียบกับไขอีกสองชนิดดังแสดงใน Figure 10 และจากการทดลองนี้จะเห็นว่าพริกหวานจะยังไม่ปรากฏอาการเหี่ยวเฉาจนจะสูญเสียน้ำหนักไปถึง 10.5% ซึ่งพอจะสรุปได้ว่าหากจะลด อาการเหี่ยวเฉาของพริกหวานที่เก็บไว้ที่ 22° ซ ควรเลือกอิมัลชันไขรำข้าวในการเคลือบผิว

5. ประสิทธิภาพของอิมัลชันไขชนิดต่าง ๆ ที่มีผลต่อมะนาว

5.1 การเปลี่ยนแปลงลักษณะปรากฏ จะเห็นว่าอิมัลชันไขทุเรียนชนิดมีผลต่อการ เปลี่ยนสีของคลอโรฟิลล์และการสูญเสียน้ำหนักอย่างชัดเจนดังแสดงใน Figure 11 จะ เห็นว่ามะนาวที่ไม่เคลือบไขจะเปลี่ยนจากสีเขียวไปเป็นสีน้ำตาลภายใน 10 วัน เมื่อเก็บ ไว้ที่อุณหภูมิห้องและยังให้ผิวที่แข็งกระด้างคายใบคาร์บูนาจะให้ความมันวาวได้อย่างชัดเจน และความเข้มข้นของไขที่ใช้จะมีผลต่อการเปลี่ยนสีและน้ำหนักเช่นเดียวกัน

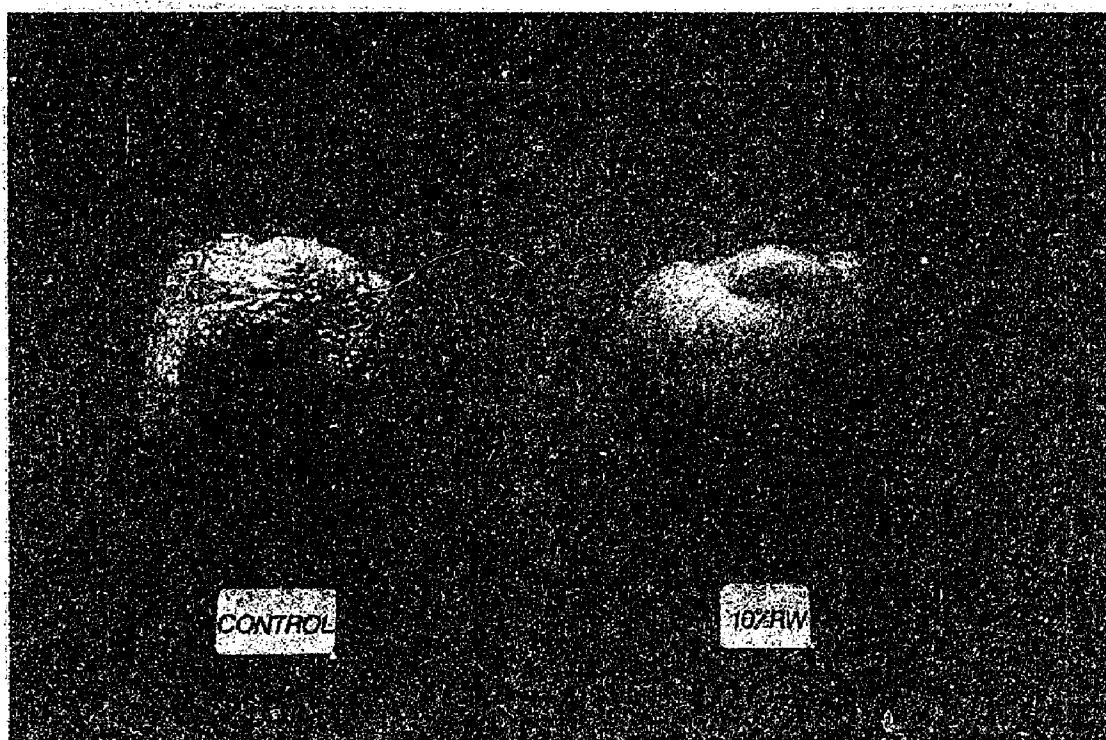


Figure 9 Appearance of sweet peppers waxing in 10% rice bran wax emulsion and nonwaxed sample keeping at 22°C for 7 days. (control = nonwaxed RW = rice bran wax)

Table 4 Weight loss of sweet peppers after waxing with various concentrations of different wax emulsions and keeping at 22°C, R H 30-40%

Storage time (days)	Weight loss (%)												
	Non waxed	Rice bran wax concentration (%)				Rice bran + carnuaba wax concentration (%)				carnuaba wax concentration (%)			
		4	6	8	10	4	6	8	10	4	6	8	10
2	4.7	3.6	2.5	2.1	2.9	2.8	3.8	3.1	3.0	3.1	3.3	2.6	4.2
3	7.9	5.8	3.8	3.3	3.8	4.5	6.0	4.9	4.8	4.9	4.8	4.6	5.8
4	9.5	7.5	5.6	5.1	5.2	6.6	7.6	6.3	6.4	6.2	6.3	6.3	7.4
5	12.1	9.4	7.6	6.7	6.5	8.7	9.4	7.8	8.0	7.8	8.1	8.0	9.5
7	18.3	12.4	10.9	10.0	9.0	12.5	12.5	10.7	10.7	11.0	11.4	10.8	12.0
8	-	-	-	-	10.5	-	-	14.9	12.0	12.8	13.2	12.1	13.3

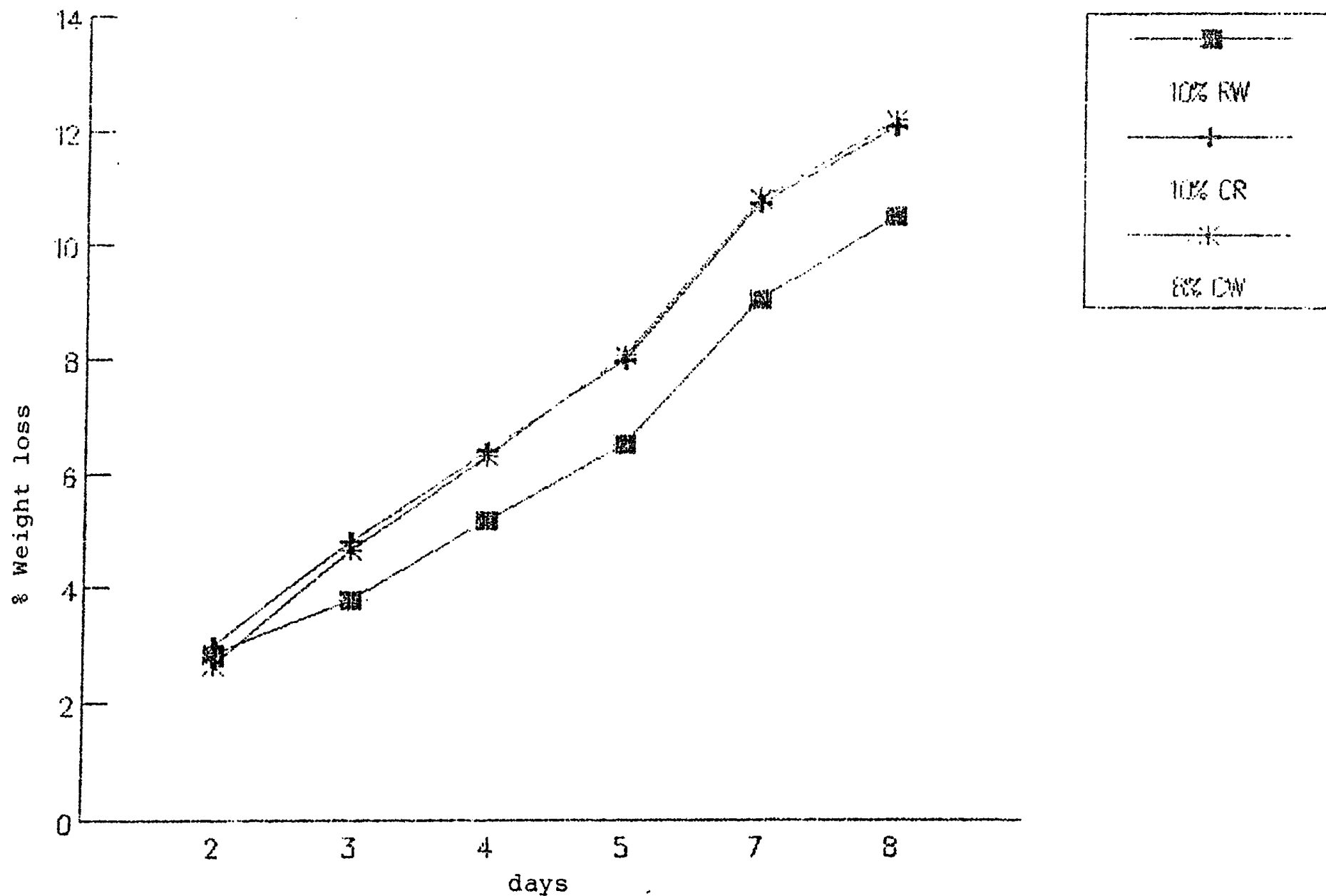


Figure 10. Weight loss of sweet peppers waxed with the best concentration of rice bran, carnuaba, and rice bran-carnuaba wax emulsions keeping at 22°C, RH 30-40%

5.2 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนัก พบว่าไขหูกชนิดนี้มีผลต่อการสูญเสีย น้ำหนักของมะนาวได้อย่างชัดเจน เมื่อเก็บมะนาวไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 10 วัน จะเสียน้ำหนักไปถึง 23.6% ในมะนาวที่ไม่เคลือบไขเทียบกับมะนาวที่เคลือบไขคาร์นูบาเข้มข้น 10% จะสูญเสียไปเพียง 8.9% ซึ่งไขคาร์นูบามีประสิทธิภาพสูงสุดต่อการสูญเสีย น้ำหนักได้ถึง 62.0% ดังแสดงใน Table 5 และพบว่าสามารถเก็บได้ถึง 21 วัน โดยยังไม่แสดงอาการเหี่ยวเฉาให้ปรากฏในเกือบทุกดวง เข้มข้นของไขและหูกชนิดของไขช่วยยืดวันที่ความเข้มข้น 4% ของอิมัลชันไขผสม เพราะสูญเสีย น้ำหนักไปถึง 23.9% เท่ากับมะนาวที่ไม่เคลือบไขซึ่งเริ่มแสดงอาการเหี่ยวเฉาแต่ยังคงรักษาความเขียวไว้ได้ดีเช่นเดียวกับ ส่วนการเคลือบไขด้วยไขผสมเข้มข้น 8% เก็บไว้ 30 วัน จะแสดงอาการเหี่ยวเฉาเพียงเล็กน้อยโดยแตกต่างกันมากเมื่อเทียบกับมะนาวที่ไม่เคลือบไขดังแสดงใน Figure 12 ส่วนมะนาวที่เคลือบไขผสมเข้มข้น 10% นั้นยังไม่แสดงอาการเหี่ยวเฉาให้ปรากฏเพราะจะสูญเสียไปเพียง 22.8% และ 22.0% ตามลำดับ เมื่อนำความเข้มข้นของไขแต่ละชนิดที่ให้ประสิทธิภาพสูงในการป้องกันการสูญเสีย น้ำหนักมาเปรียบเทียบกันดังแสดงใน Figure 13 พบว่าควรเลือกไขผสมและไขคาร์นูบาที่เข้มข้น 10% ในการเคลือบผิวมะนาวทั้งนี้ เป็นเพราะความแตกต่างของราคาไขทั้งสองชนิดดังที่กล่าวแล้ว

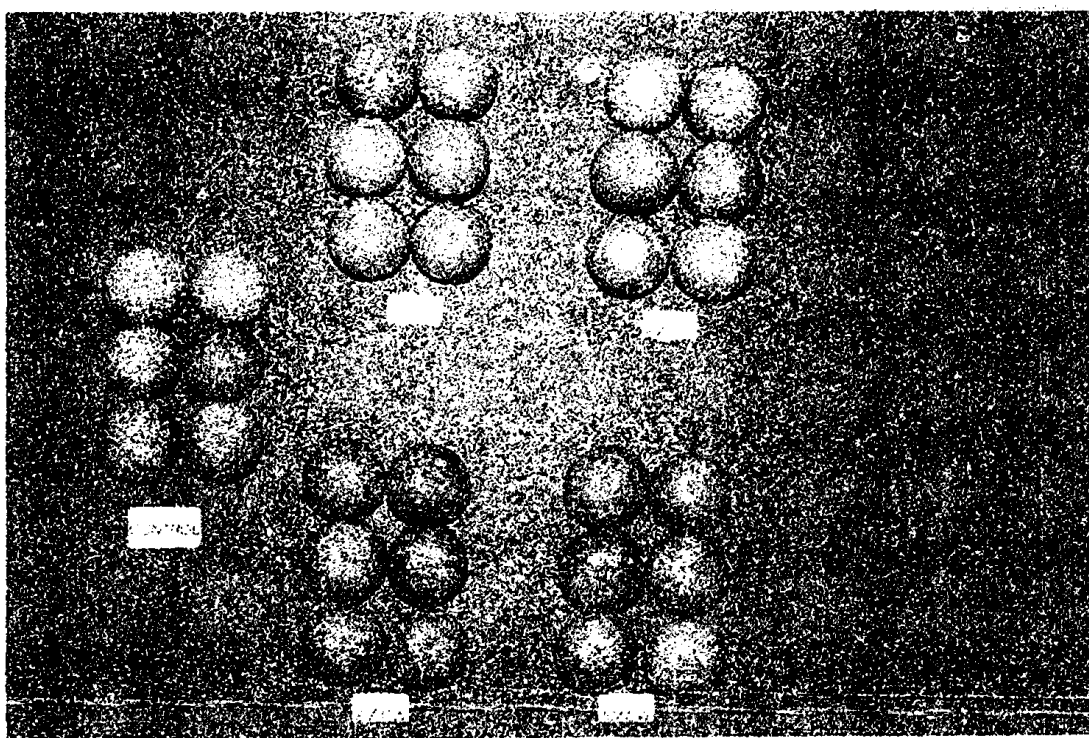


Figure 11 Appearance of waxed and nonwaxed limes with carnuaba wax emulsion at various concentration after keeping at room temperature for 10 days.

Table 5 Weight loss of limes after waxing with various concentrations of different wax emulsion keeping at room temperature ($30^{\circ}\pm 4^{\circ}\text{C}$, RH 40-65%)

Storage time (days)	Weight loss (%)												
	Non waxed	Rice bran wax concentration (%)				Rice bran + carnuaba wax concentration (%)				carnuaba wax concentration (%)			
		4	6	8	10	4	6	8	10	4	6	8	10
2	7.9	2.2	2.0	2.3	2.7	3.1	2.5	2.6	3.1	3.2	2.9	2.5	3.3
4	15.0	4.9	3.9	4.4	5.0	5.9	4.8	4.5	4.9	5.9	5.4	4.8	5.0
6	19.4	7.1	5.6	6.4	7.1	8.3	6.7	6.3	6.6	8.3	7.5	6.3	6.5
8	21.7	9.0	7.0	8.1	8.9	10.3	8.5	7.6	7.9	10.2	9.1	7.7	7.7
10	23.6	11.0	9.1	9.8	10.8	12.4	10.3	9.0	9.3	12.0	10.8	9.2	8.9
12	-	13.0	10.5	11.3	12.4	14.4	11.8	10.4	10.4	13.8	12.3	10.4	10.2
15	-	16.4	13.2	14.1	15.0	17.7	14.5	12.8	12.6	16.7	14.9	12.7	12.2
18	-	18.5	15.8	16.6	18.3	21.2	17.2	15.2	14.8	-	17.5	15.0	14.2
21	-	21.1	17.9	19.0	20.8	23.9	19.3	17.0	16.5	-	19.5	16.8	15.6
24	-	-	-	21.6	24.0	-	-	19.3	18.5	-	-	13.9	17.5
27	-	-	-	24.3	27.9	-	-	21.6	20.5	-	-	22.7	19.8
30	-	-	-	26.1	31.4	-	-	24.3	22.8	-	-	25.3	22.0

6. เปรียบเทียบประสิทธิภาพฟิล์มชั้นไขที่ผลิตขึ้นเองกับฟิล์มชั้นไขที่จำหน่ายคือ Epolene ที่เข้มข้น 6% พบว่ามะนาวที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง 10 วัน ไข Epolene จะเปลี่ยนสีและแสดงอาการเหี่ยวเฉาซึ่งสูญเสียน้ำหนักไปถึง 23.8% จากผลเทียบกับมะนาวที่ไม่เคลือบไขดังแสดงใน Figure 14 เมื่อเทียบกับไขอีก 3 ชนิดที่ความเข้มข้นเท่ากับพบว่ายังไม่แสดงอาการดังกล่าวเลย แสดงว่าไข Epolene ที่จำหน่ายเป็นการค้าไม่เหมาะที่จะนำมาเคลือบมะนาว แต่เพื่อความแน่ใจความจะศึกษาที่ความเข้มข้นสูงขึ้นไปอีก

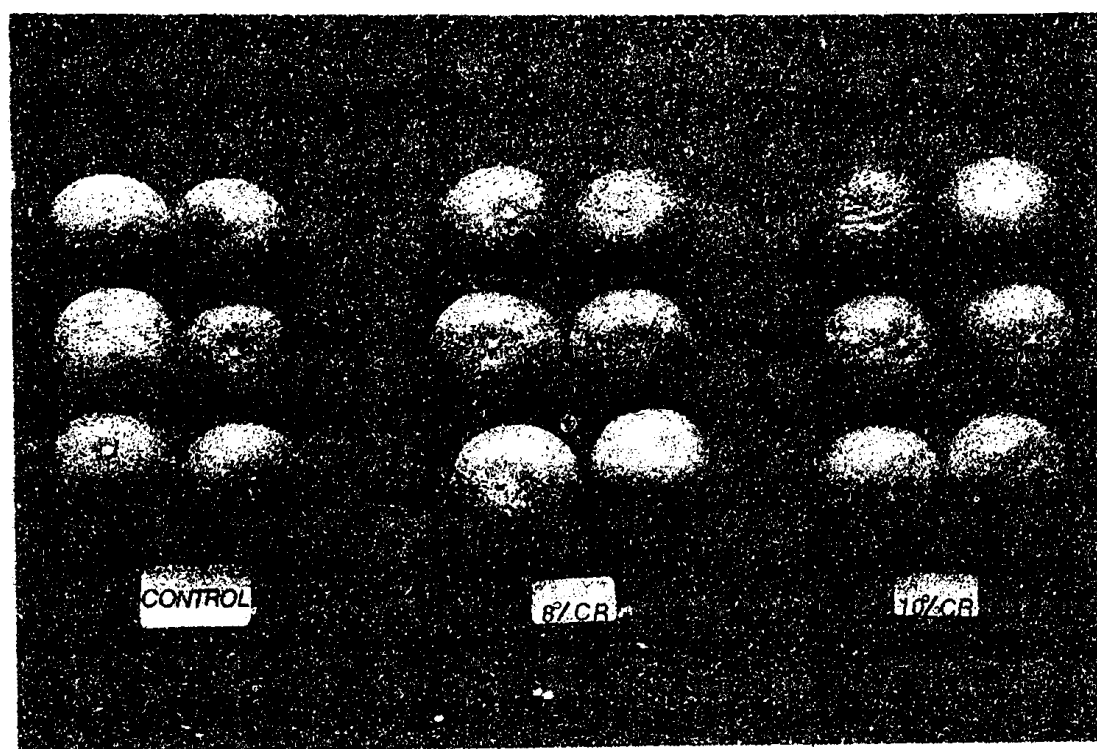


Figure 12 Appearance of limes waxed with 8% and 10% concentration of carnuaba-rice bran wax (CR) emulsion compared with nonwaxed limes kept at room temperature for 30 days.

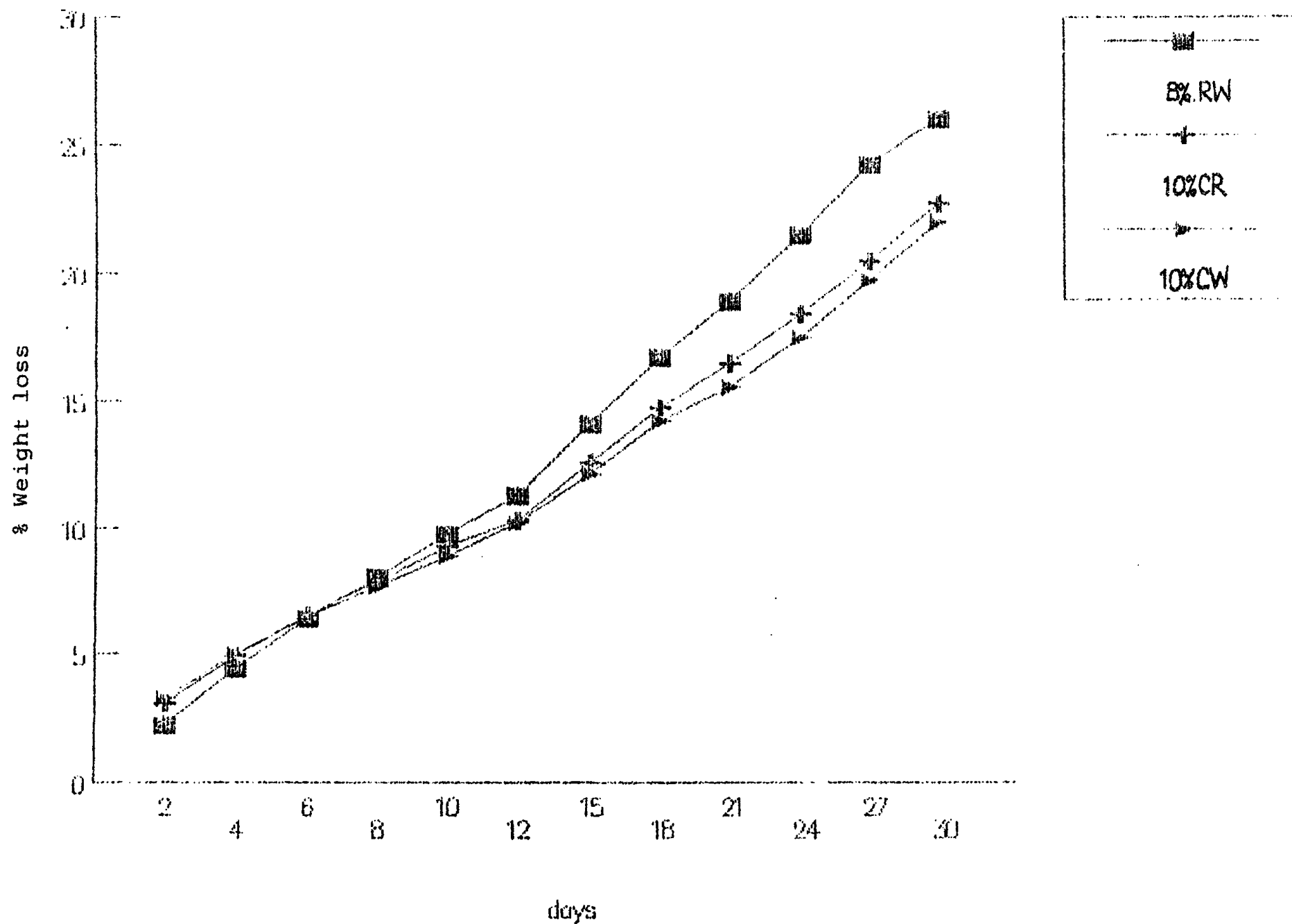


Figure 13. Weight loss of limes waxed with the best concentration of rice bran, carnuaba, and rice bran-carnuaba wax emulsion keeping for 30 days at room temperature.

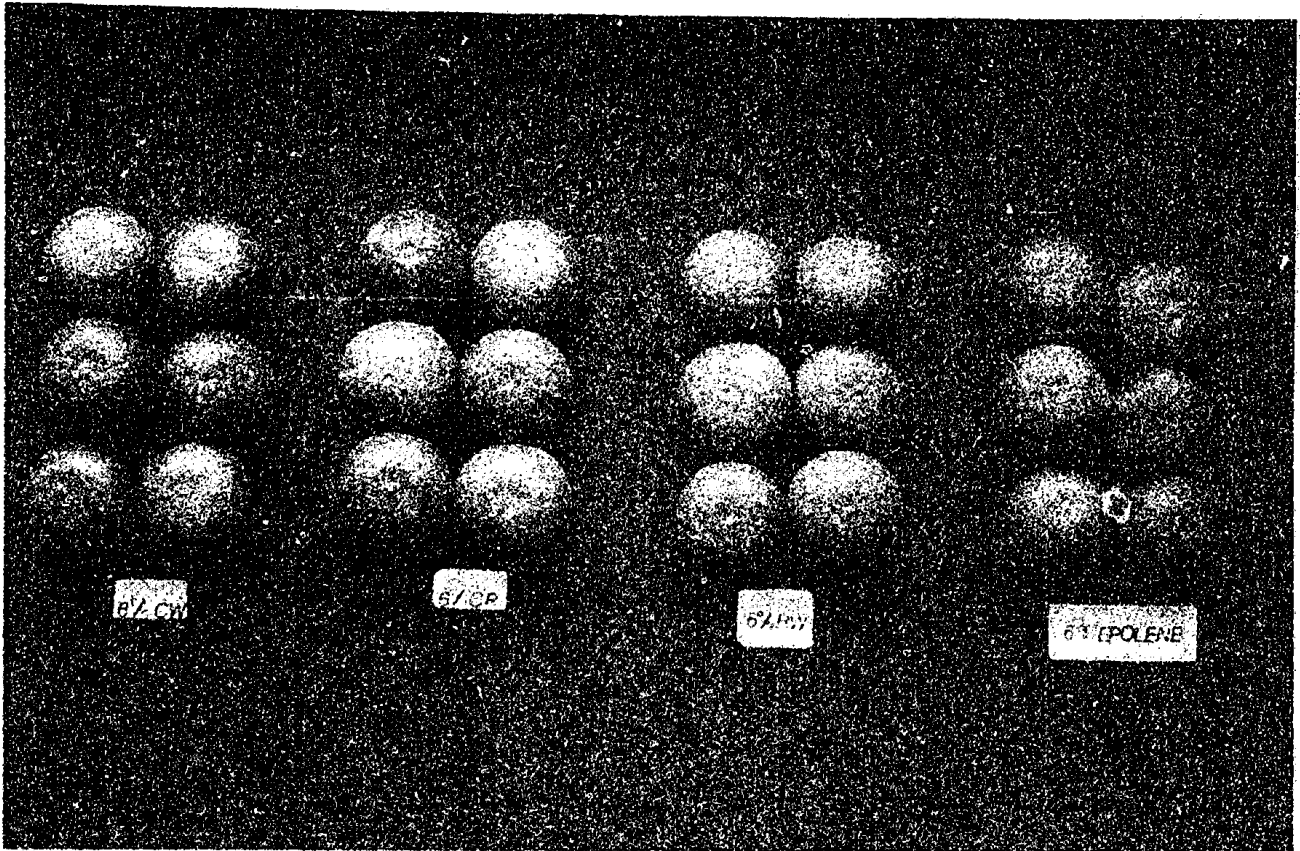


Figure 14 Appearance of limes waxed with 6% concentration of different type of wax emulsions keeping at room temperature for 10 days.