

4.2.2 การปรับปรุงคุณสมบัติของน้ำมัน base oil เพื่อการผลิตน้ำมันทดแทน

โดยเลือกน้ำมันสำหรับใช้เป็น base oil เพียงชนิดเดียวมาจากการศึกษาในหัวข้อ 4.2.1 แล้วนำมาผสมกับสารอิมัลซิไฟเออร์ชนิดต่างๆ เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติ จากนั้นนำน้ำมันที่ผลิตได้ไปทดลองใช้เบื้องต้นในการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวจริงที่โรงงานของบริษัทอึ้ง สะเซ่ง จำกัด จังหวัดจันทบุรี ดังรายละเอียดต่อไปนี้

- (1) ใช้ น้ำมัน base oil ผสมกับสารอิมัลซิไฟเออร์ชนิด distilled monoglyceride (DMG) ในอัตราส่วนต่างๆ คือ 0.3 % 0.5% 1% 2% และ 3% (wt) ของ DMG ใน base oil เป็นน้ำมันหล่อลื่นในการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยว
- (2) ใช้ น้ำมัน base oil ผสมกับสารอิมัลซิไฟเออร์ชนิด mono-diglyceride ในอัตราส่วนต่างๆ คือ 2% (wt) ของ mono-diglyceride ใน base oil เป็นน้ำมันหล่อลื่นในการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยว

- ☐ การศึกษาในขั้นตอนนี้จะทำให้ได้ชนิดและความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารอิมัลซิไฟเออร์ที่จะนำมาใช้ในการปรับปรุงคุณสมบัติของ base oil
- ☐ แต่จากผลของการศึกษาทำให้พบว่าที่ระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารอิมัลซิไฟเออร์ที่เหมาะสมนั้น สารอิมัลซิไฟเออร์เกิดการตกผลึก ณ อุณหภูมิของการใช้งานจริง
- ☐ ทำให้ต้องมีการศึกษาใน 2 ขั้นตอนย่อยต่อไปคือ:
 - ☐ การศึกษาผลของอุณหภูมิและความเข้มข้นของสารอิมัลซิไฟเออร์ต่อการตกผลึกของสารอิมัลซิไฟเออร์ในน้ำมัน base oil และ
 - ☐ การศึกษาผลของชนิดและปริมาณของสารยับยั้งการตกผลึกต่อการตกผลึกของสารอิมัลซิไฟเออร์ในน้ำมัน base oil

4.2.3 การศึกษาผลของอุณหภูมิและความเข้มข้นของสารอิมัลซิไฟเออร์ต่อการตกผลึกของสารอิมัลซิไฟเออร์ในน้ำมัน base oil

โดยทำการทดลองตามลำดับขั้นตอนต่อไปนี้กับชนิดของสารอิมัลซิไฟเออร์ที่เลือกไว้จากการทดลองในหัวข้อ 4.2.2

ซึ่งน้ำมัน base oil และสารอิมัลซิไฟเออร์ที่เลือกไว้ที่ความเข้มข้น 2% 2.5% 3%

และ 3.5% (w/w)



นำบี๊กเกอร์ใส่ส่วนผสมน้ำมันไปวางไว้ใน water bath ที่อุณหภูมิ 80 °C จนกระทั่งสารอิมัลซิไฟเออร์ละลายหมด



นำน้ำมัน base oil ที่ผสมสารอิมัลซิไฟเออร์ที่ความเข้มข้นต่างๆ ใส่ลงในหลอดทดลองจำนวน 3 หลอด หลอดละ 7 ml



นำหลอดทดลองทั้งหมดไปใส่ใน water bath ที่อุณหภูมิในช่วง 30-50 °C



เริ่มจับเวลาทุกๆ 1 นาที จนครบ 3 ชั่วโมง แล้วสังเกตว่าสารอิมัลซิไฟเออร์ เกิดการตกผลึกที่เวลาใดของแต่ละอุณหภูมิและแต่ละความเข้มข้น โดยสารละลายจะเปลี่ยนจากสีเหลืองอ่อนไปเป็นสีขาวขุ่น หรือเกิดผลึกที่มีขนาดใหญ่มากจนเป็นกลุ่ม จดบันทึกเวลาที่เริ่มเกิดการตกผลึกไว้

จากนั้นเลือกอุณหภูมิในการตกผลึกมา 1 อุณหภูมิที่เป็นอุณหภูมิที่ทำให้สารอิมัลซิไฟเออร์ที่ความเข้มข้นที่ได้เลือกไว้ในหัวข้อ 4.2.2 ตกผลึกและเป็นอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกับที่ใช้ในงานจริงในโรงงาน แล้วใช้ความเข้มข้นดังกล่าวของสารอิมัลซิไฟเออร์เป็น conditions ในการศึกษาในหัวข้อถัดไป

4.2.4 การศึกษาผลของชนิดและปริมาณของสารยับยั้งการตกผลึกต่อการตกผลึกของสาร
อิมัลชันฟลออริในน้ำมัน base oil

โดยทำการศึกษากับสารอิมัลชันฟลออริที่เลือกไว้จากการศึกษาในหัวข้อ 4.2.2 และ
ทำการทดลองกับสารที่มีคุณสมบัติในการยับยั้งการตกผลึกหลายชนิดต่อไปนี้คือ

- ◇ Glycerine,
 - ◇ Polysorbate 80 (Tween 80),
 - ◇ Sorbitan ester 60 (Span 60),
 - ◇ Sorbitan ester 80 (Span 80),
 - ◇ Lecithin,
 - ◇ Polyglycerol polyricinoleate (PGPR),
 - ◇ Diacetyl tartaric acid esters of monodi-glycerides (DATEM),
 - ◇ Citric acid esters of monodi-glycerides (CITREM)
 - ◇ Maltitol
- ที่ระดับความเข้มข้นแตกต่างกันไปดังนี้



ชนิดของสารยับยั้งการตกผลึก	ความเข้มข้นที่ทำการศึกษา
Glycerine	5, 10, 15, 20, 25, 30.
Tween 80	1, 3, 5
Span 60	1, 3, 5
Span 80	1, 3, 5
Lecithin	1, 3, 5,
PGPR	1, 3, 5
DATEM	1, 3, 5
CITREM	1, 3, 5
Maltitol	5

หมายเหตุ: ความเข้มข้นมีหน่วยเป็น % โดยนำน้ำหนักของสารยับยั้งการตกผลึกใน base oil ที่ผสม
กับสารอิมัลชันฟลออริตามชนิดและความเข้มข้นที่เหมาะสมที่ได้เลือกไว้จากการศึกษาในหัวข้อ
4.2.2 และ 4.2.3 ตามลำดับ และทำการทดลองที่อุณหภูมิที่เลือกไว้จากการศึกษาในหัวข้อ 4.2.3

โดยมีลำดับขั้นตอนของการศึกษาดังนี้

ใช้น้ำมัน base oil + สารอิมัลชันไฟเออร์ ที่ความเข้มข้นที่เลือกไว้ ผสมกันเป็นน้ำมันทดแทน



นำน้ำมันทดแทนใส่บีกเกอร์ แล้วนำไปวางไว้ใน water bath ที่อุณหภูมิ 80 °C

จนจนกระทั่งสารอิมัลชันไฟเออร์ละลายหมด



แล้วแบ่งสารละลายออกเป็น ส่วนๆ เติมสารที่ยังการตกผลึกต่างๆ ให้ได้ความเข้มข้น

ตามที่ได้ระบุไว้ในตารางด้านบน



นำบีกเกอร์ทั้งหมดไปวางไว้ใน water bath ที่อุณหภูมิ 80 °C

แล้วคนสารละลายทั้งหมดให้เข้ากัน



นำน้ำมันทดแทน แบ่งใส่ลงในหลอดทดลองจำนวน 3 หลอด หลอดละ 7 ml



นำหลอดทดลองทั้งหมดไปใส่ใน water bath ที่อุณหภูมิ ที่ได้เลือกไว้จากการศึกษา
ในหัวข้อ 3.2.2.3



เริ่มจับเวลาทุกๆ 1 นาที จนครบ 3 ชั่วโมง แล้วสังเกตว่าสารอิมัลชันไฟเออร์เกิดการ
ตกผลึกที่เวลาเท่าใด จดบันทึกเวลาที่เริ่มเกิดการตกผลึกไว้

จากนั้นเลือกชนิดและความเข้มข้นของสารยับยั้งการตกผลึกมา 2-3 ชนิด ที่
สามารถชะลอการตกผลึกของสารอิมัลชันไฟเออร์ในน้ำมันที่อุณหภูมิศึกษาได้มากกว่า
3 ชั่วโมง ไปผลิตน้ำมันทดแทน

4.3 การทดลองใช้น้ำมันทดแทนที่ผลิตได้ในการผลิตจริง

- ❖ ทำการผลิตน้ำมันทดแทน ให้มีส่วนผสมดังนี้คือ base oil สารอิมัลซิไฟเออร์ และสารยับยั้งการกัดกร่อน ตามชนิดและปริมาณที่เหมาะสมตามที่ได้เลือกไว้จากการศึกษาในหัวข้อต่างๆ ก่อนหน้านี้
- ❖ แล้วนำน้ำมันทดแทนที่ผลิตได้ไปทดลองใช้จริง
- ❖ แล้วประเมินผลประสิทธิภาพในการใช้งานโดยถามความเห็นจากเจ้าของโรงงานในท้ายแต่ย์เป็นหลัก
- ❖ และรองลงมาคือความเห็นของพนักงานที่ทำงาน ณ จุดของการตัดสินใจแยก/เปลี่ยน และบรรจุเส้นลงถังพลาสติก

5. ผลการทดลอง

5.1 การศึกษาคุณสมบัติต่างๆ น้ำมันก๊วยที่ทางโรงงานใช้ในการผลิต เพื่อเก็บไว้เป็น

ข้อมูลและเพื่อนำไปกำหนดคุณสมบัติต้นแบบในการผลิตน้ำมันทดแทน

- ผลการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณกรดไขมันด้วยเทคนิค GC-FID ของน้ำมันก๊วยที่ทางโรงงานใช้ในการหล่อลื่นเส้น ได้แสดงไว้ในตารางที่ 2

GC-FID				GC-FID			
Fatty acid methyl ester				Fatty acid methyl ester			
C18:0				C18:0			
Stearic acid				Stearic acid			
C17:0				C17:0			
Heptadecanoic acid				Heptadecanoic acid			
C16:0				C16:0			
Palmitic acid				Palmitic acid			
C15:0				C15:0			
Pentadecanoic acid				Pentadecanoic acid			
C14:0				C14:0			
Tetradecanoic acid				Tetradecanoic acid			
C13:0				C13:0			
Tridecanoic acid				Tridecanoic acid			
C12:0				C12:0			
Dodecanoic acid				Dodecanoic acid			
C11:0				C11:0			
Undecanoic acid				Undecanoic acid			
C10:0				C10:0			
Decanoic acid				Decanoic acid			
C9:0				C9:0			
Nonanoic acid				Nonanoic acid			
C8:0				C8:0			
Octanoic acid				Octanoic acid			
C7:0				C7:0			
Heptanoic acid				Heptanoic acid			
C6:0				C6:0			
Hexanoic acid				Hexanoic acid			
C5:0				C5:0			
Pentanoic acid				Pentanoic acid			
C4:0				C4:0			
Butyric acid				Butyric acid			
C3:0				C3:0			
Propionic acid				Propionic acid			
C2:0				C2:0			
Acetic acid				Acetic acid			
C1:0				C1:0			
Formic acid				Formic acid			
C0:0				C0:0			
Glycerol				Glycerol			
C19:0				C19:0			
Heptadecanoic acid				Heptadecanoic acid			
C18:1				C18:1			
Octadecenoic acid				Octadecenoic acid			
C17:1				C17:1			
Heptadecenoic acid				Heptadecenoic acid			
C16:1				C16:1			
Hexadecenoic acid				Hexadecenoic acid			
C15:1				C15:1			
Pentadecenoic acid				Pentadecenoic acid			
C14:1				C14:1			
Tetradecenoic acid				Tetradecenoic acid			
C13:1				C13:1			
Tridecenoic acid				Tridecenoic acid			
C12:1				C12:1			
Dodecenoic acid				Dodecenoic acid			
C11:1				C11:1			
Undecenoic acid				Undecenoic acid			
C10:1				C10:1			
Decenoic acid				Decenoic acid			
C9:1				C9:1			
Nonenoic acid				Nonenoic acid			
C8:1				C8:1			
Octenoic acid				Octenoic acid			
C7:1				C7:1			
Heptenoic acid				Heptenoic acid			
C6:1				C6:1			
Hexenoic acid				Hexenoic acid			
C5:1				C5:1			
Pentenoic acid				Pentenoic acid			
C4:1				C4:1			
Butenoic acid				Butenoic acid			
C3:1				C3:1			
Propenoic acid				Propenoic acid			
C2:1				C2:1			
Acrylic acid				Acrylic acid			
C1:1				C1:1			
Formic acid				Formic acid			
C0:1				C0:1			
Glycerol				Glycerol			

ตารางที่ 2

๑ ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพต่างๆ ของน้ำมันเก่าที่ทาง
โรงงานใช้ในการหล่อลื่นเส้น ได้แสดงไว้ในตารางที่ 3 และ 4

Analyte	Unit	Result(s)	Detection Limit	Method
Peroxisulfonic acid (C17:1)	g/100g	<0.01	0.01	AOAC2005
Malondialdic acid (C20:7)	g/100g	0.191	0.01	AOAC2005
Eicosadienoic acid (C20:3)	g/100g	0.05	0.01	AOAC2005
Heptacosanoic acid (C27:0)	g/100g	<0.01	0.01	AOAC2005
Docosadienoic acid (C22:1)	g/100g	<0.01	0.01	AOAC2005
g-tocopherol acid (C18:3)	g/100g	<0.01	0.01	AOAC2005
g-Eicosatrienoic acid (C20:3)	g/100g	0.01	0.01	AOAC2005
Totol Omega 3	g/100g	39.1	0.01	AOAC2005
Food Testing				
Moisture Number		02.00	0.30	AOAC2000
Free Fatty Acid	as Oleic acid	2.32	0.10	AOAC2001
Peroxide Value		7.85	0.10	AOAC2005
Specific Gravity				
BSA	150m	0.91	0.00	AOAC2002
BSA	150m	1.101	0.00	AOAC2002
BSA	150m	1.40	0.00	AOAC2002
BSA	150m	1.43	0.00	AOAC2002
Specific Gravity Value	as KOH	193.0	0.00	BS
TBA	50m	1.17	0.00	AOAC2001
Viscosity	2 P	209	0.00	AOAC2001
Viscosity	40 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	100 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	200 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	400 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	800 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	1600 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	3200 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	6400 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	12800 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	25600 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	51200 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	102400 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	204800 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	409600 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	819200 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	1638400 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	3276800 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	6553600 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	13107200 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	26214400 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	52428800 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	104857600 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	209715200 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	419430400 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	838860800 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	1677721600 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	3355443200 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	6710886400 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	13421772800 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	26843545600 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	53687091200 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	107374182400 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	214748364800 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	429496729600 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	858993459200 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	1717986918400 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	3435973836800 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	6871947673600 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	13743895347200 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	27487790694400 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	54975581388800 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	109951162777600 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	219902325555200 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	439804651110400 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	879609302220800 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	1759218604441600 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	3518437208883200 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	7036874417766400 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	14073748835532800 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	28147497671065600 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	56294995342131200 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	112589990684262400 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	225179981368524800 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	450359962737049600 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	900719925474099200 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	1801439850948198400 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	3602879701896396800 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	7205759403792793600 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	14411518807585587200 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	28823037615171174400 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	57646075230342348800 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	115292150460684697600 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	23058430092136939532800 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	46116860184273879065600 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	92233720368547758131200 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	184467440737095516262400 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	368934881474191032524800 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	737869762948382065049600 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	1475739525896764130099200 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	2951479051793528260198400 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	5902958103587056520396800 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	11805916207174113040793600 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	23611832414348226081587200 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	47223664828696452163174400 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	94447329657392904326348800 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	188894659314785808652697600 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	377789318629571617305395200 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	755578637259143234610790400 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	1511157274518286469221580800 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	3022314549036572938443161600 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	6044629098073145876886323200 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	12089258196146291753772646400 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	24178516392292583507545292800 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	48357032784585167015090585600 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	96714065569170334030181171200 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	193428131138340668060362342400 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	386856262276681336120724684800 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	773712524553362672241449369600 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	1547425049106725344482898739200 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	3094850098213450688965797478400 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	6189700196426901377931594956800 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	12379400392853802755863189913600 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	24758800785707605511726379827200 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	49517601571415211023452759654400 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	99035203142830422046905519308800 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	198070406285660844093811038617600 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	396140812571321688187622077235200 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	792281625142643376375244154470400 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	1584563250285286752750488308940800 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	3169126500570573505500976617881600 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	6338253001141147011001953235763200 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	12676506002282294022003906471526400 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	25353012004564588044007812943052800 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	50706024009129176088015625886105600 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	101412048018258352176031251772211200 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	202824096036516704352062503544422400 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	405648192073033408704125007088844800 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	811296384146066817408250014177689600 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	1622592768292133634816500283553799200 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	3245185536584267269633000567107598400 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	6490371073168534539266001134215196800 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	12980742146337069078532002268430393600 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	25961484292674138157064004536860787200 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	51922968585348276314128009073721574400 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	103845937170696546228256018147443148800 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	207691874341393092456512036294886297600 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	415383748682786184913024072589772595200 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	830767497365572369826048145179545190400 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	1661534994731144739652096290359090380800 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	3323069989462289479304192580718180761600 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	6646139978924578958608385161436361523200 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	13292279957849157917216770322872723046400 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	26584559915698315834433540645745446092800 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	53169119831396631668867081291490892185600 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	10633823966279326337773416258298178371200 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	21267647932558652675546832516596356742400 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	42535295865117305351093665033192713484800 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	85070591730234610701877330066385426969600 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	170141183460469221403754660132770853939200 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	340282366920938442807509320265541707878400 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	680564733841876885615018640531083415756800 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	1361129467683753771230037281062166831513600 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	2722258935367507542460074562124333663027200 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	5444517870735015084920149124248667326054400 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	10889035741470030169840298248497334652108800 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	21778071482940060339680596496994669304217600 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	43556142965880120679361192993989338608435200 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	87112285931760241358722385987978677216870400 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	174224571863520482717444771975957354433740800 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	348449143727040965434889543951914708867481600 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	696898287454081930869779087903835417734963200 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	1393796574908163861739558175807670835469926400 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	2787593149816327723479116351615341670939852800 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	5575186299632655446958232703230683341879705600 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	11150372599265310893916465406461366683759411200 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	22300745198530621787832930812922733367518822400 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	44601490397061243775665861625845466735037644800 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	89202980794122487551331723251691093300752889600 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	17840596158824497510266344650382186601510579200 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	35681192317648995020532689300763732003021158400 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	71362384635297990041065378601527464006042316800 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	142724769270595980082130757203054928012084633600 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	285449538541191960164261514406109856024169267200 P	Not Detected	0.00	AOAC2001
Viscosity	570899077082383920328523028812219712048338534400 P	Not Detected	0.00	AO

- ☐ จากตารางจะเห็นว่าน้ำมันก๊าดมีกรดโอเลอิกเป็นกรดไขมันหลัก รองลงมาคือกรดปาล์ม มีดึกและการดัดโนเลอิกตามลำดับ
- ☐ ปริมาณของกรดโอเลอิก กรดปาล์มมีดึกและการดัดโนเลอิกใหม่ น้ำมันเป็น 38.8 g/100g, 32.6 g/100g และ 14.3 g/100g ตามลำดับ
- ☐ ซึ่งปริมาณของกรดไขมัน 3 ชนิดดังกล่าวในน้ำมันมีความใกล้เคียงกันกับของน้ำมันปาล์ม
- ☐ แสดงให้เห็นว่าองค์ประกอบหลักของน้ำมันทั้ง 2 ชนิดน่าจะเป็นน้ำมันปาล์ม
- ☐ น้ำมันก๊าดมีค่า Iodine Number, Free Fatty Acid, Peroxide Value และค่า Saponification Value ค่อนข้างสูง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าน้ำมันก๊าดผ่านการทอดซ้ำด้วยความร้อนมาก่อนนั่นเอง
- ☐ ส่วนการวิเคราะห์ปริมาณ Aloxin ทั้ง 4 ชนิด คือ B1, B2, G1, G2 ในน้ำมันก๊าด พบว่ามีค่าต่ำกว่า detection limit (ที่ 1µg/kg)
- ☐ น้ำมันก๊าดค่า L* ที่ต่ำ และมีค่า a* ที่ติดลบมาก เนื่องจากมีสีที่เข้ม

5.2 การผลิตน้ำมันหัตถดแทนน้ำมันหล่อลื่นเส้นก๊วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ที่ทางโรงงานใช้อยู่ ณ ปัจจุบันนี้

5.2.1 การศึกษาเบื้องต้นเพื่อหาว่าน้ำมันพืชที่จะใช้เป็น base oil สำหรับการนำไปผลิตน้ำมันหล่อลื่นเส้นก๊วยเตี๋ยวต่อไปในอนาคต

สูตรน้ำมันที่ใช้ทดลอง	ผลการทดลอง	
	ลักษณะของเส้นใหญ่หลังการผลิตเสร็จใหม่ ๆ	ลักษณะของเส้นใหญ่หลังการผลิตเป็นเวลา 1 วัน
สูตร 1: น้ำมันก๊าด (control)	เส้นเส้นและมันดี ไม่ติดกัน ยีให้แตกได้ง่าย มีสีค่อนข้างเข้ม	เส้นยังคงมันอยู่ แต่มีน้ำมันเยิ้มสีเหลือง ออกน้ำตาลตรงกันตุงมาก
สูตร 2: น้ำมันถั่วลิสงอย่างเดียว	เส้นนุ่ม แต่เหนียวติดกันมากไป ไม่เส้น ยีให้แตกได้ยาก มีความมากกว่า	เส้นแข็งเป็นไต และมีน้ำมันเยิ้มปานกลาง ตัวอย่าง control
สูตร 3: น้ำมันปาล์มอย่างเดียว	เส้นนุ่มแต่ติดกัน ไม่เส้น ยีให้แตกได้ยาก มีความมากกว่า ตัวอย่าง control	เส้นแข็งขึ้นแต่ไม่ติดกับเป็นไต และมีน้ำมันเยิ้มเล็กน้อย
สูตร 4: น้ำมันผสมระหว่างน้ำมันถั่วลิสงและน้ำมันปาล์มในอัตราส่วน 1:1 โดยน้ำหนัก	เส้นนุ่มแต่ติดกัน ไม่เส้น ยีให้แตกได้ยาก มีความมากกว่า ตัวอย่าง control	เส้นแข็งขึ้นแต่ไม่ติดกับเป็นไต และมีน้ำมันเยิ้มปานกลาง

ตารางที่ 5 แสดงลักษณะเส้นก๊วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ที่ผลิตโดยใช้น้ำมันหล่อลื่นสูตรต่างๆ

☐ จากตารางที่ 5 จะเห็นได้ว่าเส้นก่ายเดี่ยวที่ผลิตเสร็จใหม่ ๆ โดยใช้น้ำมันใหม่สูตรที่ 2, 3 และ 4 มีคุณสมบัติดีกว่าเส้นก่ายเดี่ยวที่ผลิตโดยใช้น้ำมันสูตรที่ 1 (control) ซึ่งเป็นน้ำมันเก่า ในแง่ของทั้งความนุ่ม ความสิ้น การติดกันของเส้น และความง่ายในการยเส้นให้แตก

☐ อย่างไรก็ตามเส้นก่ายเดี่ยวที่ใช้ น้ำมันใหม่สูตรที่ 2, 3 และ 4 มีความยาวของเส้นมากกว่าตัวอย่าง control หลังจากเก็บเส้นไว้ 1 คืน ทั้งนี้เนื่องจากว่าน้ำมันเก่ามีสีที่เข้มกว่าน้ำมันสูตรอื่นๆ (เมื่อมองด้วยตาเปล่า) นั่นเอง

☐ หลังจากเก็บตัวอย่างเส้นก่ายเดี่ยวไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 คืน ทุกตัวอย่างอย่างเส้นก่ายเดี่ยวมีลักษณะแข็งขึ้นจากการหยิบจับด้วยมือ

☐ โดยเส้นที่ผลิตโดยใช้น้ำมันถั่วลิสงสีเพียงอย่างเดียว มีลักษณะแข็งที่สุด และตัวอย่าง control มีลักษณะแข็งน้อยที่สุด

☐ นอกจากนั้นทุกตัวอย่างเส้นก่ายเดี่ยวมีลักษณะเยิ้มน้ำมัน มีน้ำมันบางส่วนไหลลงมารวมกันที่ก้นถุงบรรจุ โดยตัวอย่าง control มีน้ำมันเยิ้มที่เห็นได้ชัดเจนมากที่สุด

☐ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าน้ำมันเก่ามีความหนืดมากกว่าน้ำมันใหม่ ทำให้ติดไปกับเส้นก่ายเดี่ยวมากกว่าในระหว่างการหล่อเส้นใน line การผลิต ทำให้มีน้ำมันมากกว่าในถุงบรรจุ จึงไหลเยิ้มออกมาที่ก้นถุงมากกว่า

☐ นอกจากนี้ น้ำมันเก่ายังมีสีที่เข้มกว่าน้ำมันอื่นๆ จึงทำให้มองเห็นได้ง่ายกว่า

☐ แต่อย่างไรก็ตามแม้ว่าการเยิ้มน้ำมันของเส้นนั้นจะไม่เป็นที่ต้องการของลูกค้าส่วนใหญ่ แต่ทางผู้ผลิตเองไม่ได้มองว่าเส้นเยิ้มน้ำมันเป็นข้อด้อยเสมอไป

☐ ทั้งนี้เพราะว่าผู้ซื้อเส้นก่ายเดี่ยวไปใช้บางคนชอบเส้นที่มีน้ำมันเยิ้มมากๆ เวลานำไปปรุงอาหารเช่น การผัด จะทำให้มีกลิ่นหอมขึ้นนั่นเอง เป็นการประหยัลดต้นทุน

☐ จากผลการทดลองในขั้นตอนนี้และจากการพูดคุยในเชิงวิเคราะห์กับเจ้าของโรงงานทำให้สรุปได้ขั้นตอนต้นน้ำมีพื้นที่น้ำมันที่ใช้เป็น base oil สำหรับการผลิตน้ำมันทดแทนน่าจะ เป็นน้ำมันปาล์มอย่างเดียว (สูตร 3) ทั้งนี้ถึงแม้ว่าจะให้เส้นก๊วยเตี๋ยวที่ติดกัน ไม่สิ้น ยีให้ แตกได้ยาก แต่เส้นที่ได้มีลักษณะนุ่ม ไม่เยิ้มน้ำมันมากและแข็งเป็นไตเล็กน้อยเมื่อทิ้งไว้

☐ นอกจากนี้ยังจะมีราคาต่อหน่วยที่ต่ำ(~800 บาท/ปี๊บ) กว่า เมื่อเทียบกับ

☐ น้ำมันถั่วลิสง (~2640 บาท/ปี๊บ)

☐ และน้ำมันถั่วลิสงผสมกับน้ำมันปาล์มในอัตราส่วน 1:1 โดยน้ำหนัก (~1720 บาท/ปี๊บ)

☐ โดยในขั้นตอนต่อไปจะเป็นการนำน้ำมัน base oil ที่เลือกได้ไปปรับปรุงคุณสมบัติโดยการเติมสารอิมัลซิไฟเออร์เพื่อให้ต้นน้ำมีขนาดแทนที่เมื่อนำไปใช้งานแล้วจะช่วยแก้ปัญหาเส้น ติดกัน ไม่สิ้น ยีให้แตกได้ยาก

5.2.2 การปรับปรุงคุณสมบัติของน้ำมัน base oil เพื่อการผลิตน้ำมันทดแทน

☐ โดยนำน้ำมันที่เลือกไว้สำหรับใช้เป็น base oil ซึ่งคือน้ำมันปาล์มจากการศึกษาในหัวข้อ 4.2.1 มาผสมกับสารอิมัลซิไฟเออร์ 3 ชนิดคือ DMG, mono-diglyceride และ Lecithin ที่ความเข้มข้นต่างๆ

☐ จากนั้นนำน้ำมันไปทดลองใช้ในการผลิตเส้นก๊วยเตี๋ยวจริงที่โรงงาน ได้ผลการศึกษาดัง แสดงไว้ในตารางที่ 6

☐ ซึ่งจะเห็นว่าน้ำมันที่เติม DMG 1-3% ทำให้ได้เส้นก๊วยเตี๋ยวที่มีคุณสมบัติที่สุดและ ใกล้เคียงมากที่สุกกับเส้นก๊วยเตี๋ยวที่ผลิตโดยใช้น้ำมันเก่า

☐ โดยจะให้เส้นที่มีลักษณะไม่ติดกัน ลอกออกจากกันและยีให้แตกได้ง่ายมาก และเมื่อทิ้งไว้ 1 คืน เส้นแข็งขึ้นเพียงเล็กน้อย ไม่มีน้ำมันเยิ้ม และเส้นลื่นน้อย

☐ ส่วนน้ำมันที่เติม DMG น้อยกว่า 1% จะให้เส้นที่ติดกัน ลอกออกจากกันและยีให้แตกได้ ยากและเมื่อทิ้งไว้ 1 คืน เส้นแข็งขึ้น ไม่มีน้ำมันเยิ้ม แต่เส้นไม่ลื่นน้อย

☐ ส่วนเส้นก๊วยเตี๋ยวที่ผลิตโดยใช้น้ำมันที่เติม mono-diglyceride ในปริมาณ 2% และ Lecithin 5% นั้นก็มีคุณลักษณะเหมือนเส้นที่ผลิตโดยใช้น้ำมันที่เติม DMG ในปริมาณ น้อยกว่า 1%

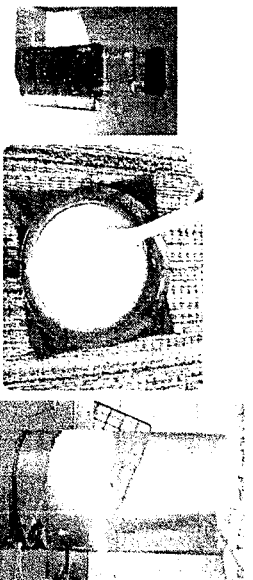
ชนิดสาร อิมัลซิไฟเออร์	ความเข้มข้น (%)		ผลการทดลอง	
	เข้มข้น (%)	ลักษณะของเส้นในหลอดการผลิต	ลักษณะของเส้นในหลอดการผลิต	เป็นเวลา 1 วัน
DMG	0.3	เส้นติดกัน ลอกออกจากกันและยี่ให้แตกได้ยาก (5/10)	เส้นแข็งขึ้น ไม่มีน้ำมันเยิ้ม แต่เส้นไม่ลื่นมือ	
	0.5	เส้นติดกัน ลอกออกจากกันและยี่ให้แตกได้ยาก (5/10)	เส้นแข็งขึ้น ไม่มีน้ำมันเยิ้ม แต่เส้นไม่ลื่นมือ	
	1.0	เส้นไม่ติดกัน ลอกออกจากกันและยี่ให้แตกได้ง่าย (8/10)	เส้นแข็งขึ้น พึงเล็กลื่นมือ ไม่มีน้ำมันเยิ้ม เส้นค่อนข้างลื่นมือ	✓
	2.0	เส้นไม่ติดกัน ลอกออกจากกันและยี่ให้แตกได้ง่ายมาก (10/10)	เส้นแข็งขึ้น พึงเล็กลื่นมือ ไม่มีน้ำมันเยิ้ม เส้นลื่นมือ	
	3.0	เส้นไม่ติดกัน ลอกออกจากกันและยี่ให้แตกได้ง่ายมาก (10/10)	เส้นแข็งขึ้น พึงเล็กลื่นมือ ไม่มีน้ำมันเยิ้ม เส้นลื่นมือ	
Mono-diglyceride	2	เส้นติดกัน ลอกออกจากกันและยี่ให้แตกได้ยาก (5/10)	เส้นแข็งขึ้น พึงเล็กลื่นมือ ไม่มีน้ำมันเยิ้ม แต่เส้นไม่ลื่นมือ	
Lecithin	5	เส้นติดกัน ลอกออกจากกันและยี่ให้แตกได้ยาก (6/10)	เส้นแข็งขึ้น พึงเล็กลื่นมือ ไม่มีน้ำมันเยิ้ม แต่เส้นไม่ลื่นมือ	

ตารางที่ 6 แสดงลักษณะเส้นกาวเย็บเส้นในหลอดผลิตโดยใช้ไขมันที่ผลิตโดยใช้น้ำมันหล่อลื่นที่มีการเติมสารอิมัลซิไฟเออร์ที่ชนิดและความเข้มข้นแตกต่างกัน (ค่าเฉลี่ยของเส้นเป็นคะแนนที่ให้โดยผู้ประกอบการ โดยเปรียบเทียบกับลักษณะของเส้นที่ผลิตโดยใช้น้ำมันตัว)

○ เมื่อพิจารณาณลักษณะของเส้นที่ผลิตโดยใช้ไขมันที่มี DMG 1-3% แล้วได้ข้อสรุปว่าการเติม DMG ในปริมาณ 2% โดยน้ำหนักเป็นปริมาณที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการผลิตน้ำมันทดแทน ○ ทั้งนี้เพราะว่าการเติมในปริมาณ 1% นั้นอาจจะน้อยเกินไปสำหรับโรงงานกาวเย็บสายโรงงานที่มีสูตรของน้ำมันและรายละเอียดในขั้นตอนของกระบวนการผลิตที่แตกต่างกันมากจากโรงงานกาวเย็บสายของบริษัทอิสระซึ่ง จำกัด ○ ส่วนการเติมในปริมาณ 3% นั้นถือว่ามากเกินไปจนความจำเป็นเพราะแม้ทำให้ได้เส้นกาวเย็บที่เส้นไม่ติดกัน ลอกออกจากกันและยี่ให้แตกได้ง่ายมาก แต่เส้นลื่นเกินไป ทำให้มีความลำบากในการบรรจุลงถุงบรรจุ ○ หลังจากนี้ ได้มีการนำน้ำมันสูตรที่มี DMG 2% (wt) ไปทดลองใช้กับโรงงานกาวเย็บสายอีก 2 โรงงานในจังหวัดอำนาจเจริญ และจังหวัดสุรินทร์สงคราม ซึ่งมีความแตกต่างกันทั้งในแง่ของสูตรการผลิต และลักษณะการจัดการกระบวนการผลิต โดยความแตกต่างที่เกิดขึ้นนี้จะช่วยให้เกิดความหลากหลายของการทดลองมากขึ้นเพื่อให้เกิดความมั่นใจต่อการนำไปใช้ในวงกว้างต่อไป ○ น้ำมันสูตรดังกล่าวให้ผลในการหล่อลื่นเส้นเป็นที่น่าพึงพอใจกับทั้ง 2 โรงงาน
--

○ อย่างไรก็ตาม ในระหว่างการผลิตต้องใช้น้ำมันในการผลิตจริงที่โรงงานทั้ง 3 จังหวัดนั้น น้ำมันที่ใช้การผลิต DMG ในปริมาณตั้งแต่ 1% ขึ้นไปนั้นเกิดการตกผลึกของ DMG ที่อุณหภูมิใช้งานจริง ทั้งในภาชนะบรรจุและในรางบรรจุน้ำมันในส่วนที่ติดกับลูกกลิ้ง ทำให้น้ำมันมีลักษณะขุ่น

○ โดยมีอุณหภูมิใช้งานของน้ำมันเป็น 35°C และ 41°C ณ จุดใช้น้ำมันส่วนหน้าและหลังของ line การผลิตของโรงงานตามลำดับ ขณะที่อุณหภูมิห้องที่เก็บน้ำมันที่ผสม DMG ขณะรอนำไปใช้งานจะต่ำกว่าทั้ง 2 อุณหภูมิดังกล่าว (~30 °C)



- ลักษณะขุ่นของน้ำมันทดแทนที่มีสาเหตุมาจากการตกผลึกของ DMG นี้ ผู้ประกอบการให้ความเห็นว่า เป็นลักษณะที่ถือเป็นข้อด้อย ถึงแม้ว่าน้ำมันจะมีคุณสมบัติที่เหมาะสมและสามารถนำไปใช้ในการหล่อลื่นเส้นกัวยืดได้ดีเป็นอย่างดี
- ดังนั้นจึงจำเป็นต้องหาวิธีการในการยับยั้งหรือชะลอการตกผลึก DMG ในน้ำมัน base oil ให้ได้
- ทำให้ต้องมีการศึกษาในหัวข้อย่อยถัดไปถึงผลของอุณหภูมิและความเข้มข้นของ DMG ต่อการตกผลึกของ DMG ในน้ำมัน
- แล้วหลังจากนี้จึงจะศึกษาถึงผลของการเติมสารยับยั้งการตกผลึกหลายชนิดต่อการตกผลึกของ DMG ในน้ำมันต่อไป

5.2.3 การศึกษาผลของอุณหภูมิและความเข้มข้นของสารอิมัลซิไฟเออร์ต่อการตกผลึกของสารอิมัลซิไฟเออร์ในน้ำมัน base oil

- ตารางที่ 7 แสดงถึงระยะเวลาที่ใช้ก่อนที่การตกผลึกของ DMG จะเริ่มขึ้นสำหรับการศึกษาที่หลายอุณหภูมิและความเข้มข้นของ DMG
- โดยได้เลือกทำการศึกษาที่ความเข้มข้น 2% ขึ้นไปเพราะเป็นระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมกับการใช้งานจริง
- เครื่องหมาย X แสดงว่าไม่เกิดการตกผลึกที่อุณหภูมิและความเข้มข้นที่ระบุไว้ในตารางภายในระยะเวลา 3 ชั่วโมง ส่วนเครื่องหมาย ✓ แสดงว่าเกิดการตกผลึกที่อุณหภูมิและความเข้มข้นที่ระบุไว้ในตาราง
- โดยมีระยะเวลาที่ใช้ก่อนที่การตกผลึกของ DMG จะเริ่มขึ้นแสดงไว้ในวงเล็บใต้เครื่องหมายดังกล่าว

% DMG	อุณหภูมิ (°C)										
	50	48	46	44	42	40	38	36	34	32	30
2.0	X	X	X	X	X	X	X	X	✓ (13 นาที)	✓ (4 นาที)	✓ (2 นาที)
2.5	X	X	X	X	X	X	X	X	✓ (5 นาที)	✓ (2 นาที)	✓ (1 นาที)
3.0	X	X	X	X	X	X	X	X	✓ (11 นาที)	✓ (3 นาที)	✓ (1 นาที)
3.5	X	X	X	X	X	X	X	✓ (15 นาที)	✓ (5 นาที)	✓ (2 นาที)	✓ (1 นาที)

ตารางที่ 7 แสดงระยะเวลาที่ใช้ก่อนการเริ่มตกผลึกของ DMG ในน้ำมัน base oil ที่อุณหภูมิต่างๆ และความเข้มข้นต่างๆ ของ DMG

- จากตารางจะเห็นว่าน้ำมีค่าความเข้มข้นของ DMG เป็น 2% และ 2.5% จะตกผลึกอุณหภูมิ ตั้งแต่ 34 °C ลงมา
- ซึ่งแสดงว่าความเข้มข้นของ DMG ในน้ำมันสูงกว่าความเข้มข้น ณ จุดอิ่มตัวอุณหภูมิดังกล่าว
- ที่ความเข้มข้นของ DMG สูงขึ้น DMG เริ่มตกผลึกที่อุณหภูมิสูงขึ้นตามไปด้วย
- ทำให้โอกาสที่น้ำมันจะมีลักษณะขุ่นเนื่องจากการตกผลึกของ DMG มีมากขึ้น
- ตัวอย่างเช่น ถ้าอุณหภูมิของรายการหล่อน้ำมันของโรงงานอยู่ที่ 36 °C น้ำมันจะเริ่มขุ่นเนื่องจากผลึกของ DMG หลั่งจากตังน้ำมันทิ้งไว้ 11 นาที และ 5 นาที สำหรับน้ำมันที่มี DMG ในปริมาณ 3 % และ 3.5% ตามลำดับ

- น้ำมันที่มีความเข้มข้นของ DMG เป็น 2% ซึ่งเป็นความเข้มข้นที่เหมาะสมสำหรับใช้ในการผลิตเส้นก๊วยเตี๋ยจากการศึกษาในหัวข้อย่อยก่อนหน้านี้จะใช้เวลา 13 นาทีก่อนที่จะเริ่มตกผลึกที่ 34 °C และใช้เวลาแค่ 2 นาทีที่ 30 °C ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกับอุณหภูมิห้องของโรงงาน
- นั่นหมายความว่าน้ำมันทดแทนที่มี DMG เป็นส่วนผสมอยู่ 2% จะเกิดการตกผลึกของ DMG ทำให้มีลักษณะขุ่นตลอดการใช้งาน
- ซึ่งจะไม่เป็นที่ยอมรับของผู้ผลิตเส้นก๊วยเตี๋ยที่จะนำน้ำมันสูตรนี้ไปใช้ในโรงงานของตน
- ทำให้ต้องมีการศึกษาหาวิธีในการป้องกันการตกผลึกของ DMG ในน้ำมันให้ข้อย่อยถัดไป

5.2.4 การศึกษาผลของชนิดและปริมาณของสารยับยั้งการตกผลึกต่อการตกผลึกของสารไอโซล
ซูไฟเออร์ในน้ำมัน base oil

- จากการทำการทดลองกับการยับยั้งการตกผลึกหลายชนิดที่เติมลงไปในน้ำมันทดแทนที่
ประกอบไปด้วย DMG ในปริมาณ 2% โดยน้ำหนักใน base oil ที่เป็นน้ำมันปาล์ม ทำการ
ทดลองที่อุณหภูมิ 30°C ทำให้ได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 8
- จากตารางจะเห็นว่ามีความสามารถในการตกผลึก 3 ชนิดเท่านั้นที่ชะลอการตกผลึกของ
DMG ที่ 30°C ได้นานเกิน 1 ชั่วโมง คือ Tween 80, Lecithin และ CITREM ที่ความ
เข้มข้น 5%
- และมีเพียง Lecithin และ CITREM ที่ความเข้มข้น 5% เท่านั้นที่ชะลอการตกผลึกของ
DMG ที่ 30°C ได้นานเกิน 3 ชั่วโมง
- จึงจะเลือกสารยับยั้งการตกผลึก 2 ชนิดดังกล่าวไปเป็นส่วนผสมของน้ำมันทดแทน แล้ว
นำน้ำมันทดแทนที่ได้ไปทดลองใช้ในการผลิตจริงต่อไป

ความเข้มข้น %(wt)	ชนิดสารยับยั้งการตกผลึก								
	Glycerine	Span 60	Span 80	Tween 80	Lecithin	PGPR	DATEM	CITREM	Maltitol
1	-	✓ (1 นาที)	✓ (1 นาที)	✓ (6 นาที)	✓ (2 นาที)	✓ (3 นาที)	✓ (13 นาที)	✓ (10 นาที)	-
3	-	✓ (1 นาที)	✓ (1 นาที)	✓ (8 นาที)	✓ (44 นาที)	✓ (6 นาที)	✓ (6 นาที)	✓ (35 นาที)	-
5	✓ (2 นาที)	✓ (1 นาที)	✓ (1 นาที)	✓ (96 นาที)	✗	✓ (7 นาที)	✓ (8 นาที)	✗	✓ (1 นาที)
10	✓ (1 นาที)	-	-	-	-	-	-	-	-
15	✓ (2 นาที)	-	-	-	-	-	-	-	-
20	✓ (1 นาที)	-	-	-	-	-	-	-	-
25	✓ (1 นาที)	-	-	-	-	-	-	-	-
30	✓ (1 นาที)	-	-	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ 8 แสดงระยะเวลาที่ใช้ก่อนการเริ่มตกผลึกของ DMG ในน้ำมัน base oil ที่อุณหภูมิต่างๆ และความเข้มข้นต่างๆ ของ DMG

ตารางที่ 8 แสดงระยะเวลาที่ใช้ก่อนการวัดตกผลึกของ DMG ในน้ำมัน base oil ที่อุณหภูมิต่างๆ
และความเข้มข้นต่าง ๆ ของ DMG

5.3 การทดลองใช้หัวน้ำมันทดแทนที่ผลิตได้ในการผลิตจริง

- การทดลองจริงในระดับโรงงานอุตสาหกรรม ได้มุ่งเน้นไปที่ผลิตภัณฑ์กัวยเตี่ยวเส้นใหญ่ เป็นอันดับแรก เนื่องจากสามารถเห็นผลจากการทดลองได้ทันที เพราะเป็นผลิตภัณฑ์เส้นที่ใหม่ ต้องมีการปรับเส้น
- โดยในเบื้องต้นได้นำน้ำมันสูตรใหม่ 3 สูตร ที่มีสารเติมสารถียังการตกผลึก 3 ชนิด เข้าไปทำการเข้าไปทำการทดลองยังโรงงานผลิตเส้นกัวยเตี่ยวที่จังหวัดมหาบุรี โดยน้ำมันทั้ง 3 สูตร มีส่วนประกอบดังนี้

◇ น้ำมันปาล์ม + DMG 2% (wt) + Lecithin 5% (wt)

◇ น้ำมันปาล์ม + DMG 2% (wt) + Tween 80 5% (wt)

- ได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 9

สูตรน้ำมัน	ผลการทดลอง	
	ลักษณะของเส้นใหญ่หลังการผลิตเสร็จใหม่ๆ	ลักษณะของน้ำมันในระหว่างการใช้งาน
-น้ำมันปาล์ม + DMG 2% (wt) + Lecithin 5% (wt)	เส้นไม่ติดกัน ลอกออกจากกันและยี่ให้แตกได้ง่ายมาก (10/10)	ไม่ขึ้นจากตกผลึกเลยในช่วง 1 ชั่วโมงแรก และขึ้นเล็กน้อยหลังจาก 3 ชั่วโมง
-น้ำมันปาล์ม + DMG 2% (wt) + Tween 80 5% (wt)	เส้นไม่ติดกัน ลอกออกจากกันและยี่ให้แตกได้ง่าย (8/10) แต่เส้นมีรสอากขม	ไม่ขึ้นจากตกผลึกเลยในช่วง 1 ชั่วโมงแรก และขึ้นมากหลังจาก 3 ชั่วโมง
-น้ำมันปาล์ม + DMG 2% (wt) + Lecithin 5% (wt) + Tween 80 5% (wt)	เส้นไม่ติดกัน ลอกออกจากกันและยี่ให้แตกได้ง่าย (8/10)	ไม่ขึ้นจากตกผลึกเลยในช่วง 1 ชั่วโมงแรก และขึ้นเล็กน้อยหลังจาก 3 ชั่วโมง

ตารางที่ 9 แสดงลักษณะเส้นกัวยเตี่ยวเส้นใหญ่ที่ผลิตโดยใช้น้ำมันสลับ 3 สูตรที่มีการเติมสารป้องกันการตกผลึก 3 ชนิดที่แตกต่างกัน (ตัวเลขในวงเล็บระบุคะแนนที่ได้โดยผู้ประกอบการ โดยเปรียบเทียบกับลักษณะของเส้นที่ผลิตโดยใช้น้ำมันเก่า)

- น้ำมันสูตรที่เป็น น้ำมันปาล์ม + DMG 2% (wt) + Lecithin 5% (wt) ให้ผลดีที่สุดทั้งในแง่ของลักษณะของเส้น (เส้นไม่ติดกัน ลอกออกจากกันและยี่ให้แตกได้ง่ายมาก) และลักษณะของน้ำมันระหว่างใช้งาน (ไม่ขึ้นจากตกผลึกเลยในช่วง 1 ชั่วโมงแรก และขึ้นเล็กน้อยหลังจาก 3 ชั่วโมง)

- จากนั้นได้ทำการศึกษาปริมาณการดูดซับน้ำมันของเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ใช้ไขมันหล่อลื่นสูตรต่างๆ ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 10

สูตรน้ำมัน	% Surface Oil Content
1. น้ำมันเก่า	0.896
2. น้ำมันปาล์ม + 2% DMG	0.553
3. น้ำมันปาล์ม + 5% DMG	0.569
4. น้ำมันปาล์ม + 5% Lecithin	0.518
5. น้ำมันปาล์ม + 2% DMG + 5% Lecithin	0.577
6. น้ำมันปาล์ม + 2% DMG + 10% Lecithin	0.797

ตารางที่ 9 แสดงการดูดซับน้ำมันของเส้นก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ที่ผลิตโดยใช้ไขมันหล่อลื่นสูตรต่างๆ

6. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

- น้ำมันสูตรที่เป็น น้ำมันปาล์ม + DMG 2% (wt) + Lecithin 5% (wt) ให้ผลดีที่สุดทั้งในแง่ของลักษณะของเส้น (เส้นไม่ติดกัน ลอกออกจากกันและยืดหยุ่นได้ยากมาก) และลักษณะของน้ำมันในระหว่างใช้งาน (ไม่ขุ่นจากตกผลึกเลยในช่วง 1 ชั่วโมงแรก และขุ่นเล็กน้อยหลังจาก 3 ชั่วโมง)
- อย่างไรก็ตามเมื่อนำไปใช้ในการทำงานจริงน้ำมันสูตรดังกล่าวอาจเกิดการขุ่นขึ้น ถ้าหากมีการตั้งทิ้งไว้เกิน 3 ชั่วโมงในระหว่างรอการนำไปใช้งาน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของห้องที่ใช้ในการเก็บน้ำมัน
- โรงงานก๋วยเตี๋ยวที่จับคู่ได้มีการลองปรับสูตรโดยมีการเติม Lecithin ลงไปมากขึ้นเป็น 10% ซึ่งสามารถแก้ปัญหาการตกผลึกในระยะยาวได้ และได้เส้นก๋วยเตี๋ยวที่มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดีเหมือนสูตรที่เติม Lecithin 5% แต่เส้นที่ได้มีขุ่นขึ้นเล็กน้อย
- อีกทางหนึ่งของการแก้ปัญหาการขุ่นของน้ำมันคือการติด healer ขนาดเล็กที่รางน้ำมัน ซึ่งจะทำให้ไม่จำเป็นต้องเติม Lecithin ลงไปในน้ำมัน (ใช้แค่ DMG อย่างเดียวในน้ำมันก็หล่อลื่นเส้นได้ดีแต่จะหล่อลื่นได้ดียิ่งขึ้นถ้ามี Lecithin ผสมอยู่ด้วย)
- ได้มีการทดลองที่เปลี่ยนน้ำมันที่เป็น base oil จากน้ำมันปาล์ม (palm olein) ไปเป็น RBD palm ปรากว่าให้ผลในการหล่อลื่นเส้นได้ไม่แพ้เพียงพอใจเท่ากับการใช้ palm olein เป็น base oil
- ผลการศึกษการดูดซับน้ำมันแสดงให้เห็นว่า การใช้ไขมันสูตรใหม่แม้ว่าจากน้ำมันต่อหน่วยจะแพงขึ้นแต่ปริมาณไขมันที่ใช้ต่อหน่วยนั้นหนักของเส้นจะลดลง ทำให้สุดท้ายต้นทุนไม่สูงขึ้นมากอย่างที่คิดเมื่อเทียบกับการใช้ไขมันเก่า