คม 325 ชีวเคมี 2

เทคโนโลยีของลิปิด

บทที่ 2. การประยุกต์ใช้ไขมันและน้ำมัน (Application of Fat and Oil)

อ.ดร. อนรรฆอร ศรีไสยเพชร

Application of Fat and Oil

ไขมันและน้ำมันสามารถนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์หลากหลายประเภท

1. ผลิตภัณฑ์อาหาร
2. ผลิตภัณฑ์ทดแทนเชื้อเพลิงดีเซล (ไบโอดีเซล)

1. การประยุกต์ใช้ไขมันและน้ำมันในอาหาร (Application of Fat and Oil in Food)

แบ่งตามรูปแบบการใช้งาน

1. ทำหน้าที่ในการเป็นส่วนผสม (As ingredients) ในผลิตภัณฑ์
2. ใช้ในการทอด (Frying fat and oil)

ใช้เป็นส่วนผสม (As ingredients) ในผลิตภัณฑ์

- <u>เนยสด (Butter)</u>
  - เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากไขมันที่มีในน้ำนม
  - ได้จากการปั่นแยกจากส่วนที่เป็นน้ำ (Whey)
  - จัดว่าเป็นอิมัลชั่น (emulsion) ของ w/o ที่มีส่วนประกอบของไขมันนม 80-81 % น้ำ 14 % เกลือ 1-3 % และอากาศ 1-5 %

- คุณสมบัติของเนยสดจะส่งผลต่อลักษณะของผลิตภัณฑ์
  - ทำให้ไม่สามารถตีเป็นครีมได้ดี
  - เนยสดที่จุดลอมเหลวที่ต่ำ ทำให้เนื้อเค้กมีปริมาตรต่ำและมีเนื้อที่หยาบ
  - สามารถใช้เนยสดล้วนๆ ในการทำขนม เช่น ขนมปังเนยสด ขนมปังหวาน คุกกี้ พาสรี่หรืออาจใช้ร่วมกับไขมันอื่นๆ ก็ได้

เนยขาว (Shortening)

เนยขาว (Shortening) เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำน้ำมันมาผ่านกระบวนการ **ทำให้น้ำมันที่ได้มีคุณสมบัติคล้ายพลาสติก**

เนยขาวมีองค์ประกอบ ดังต่อไปนี้

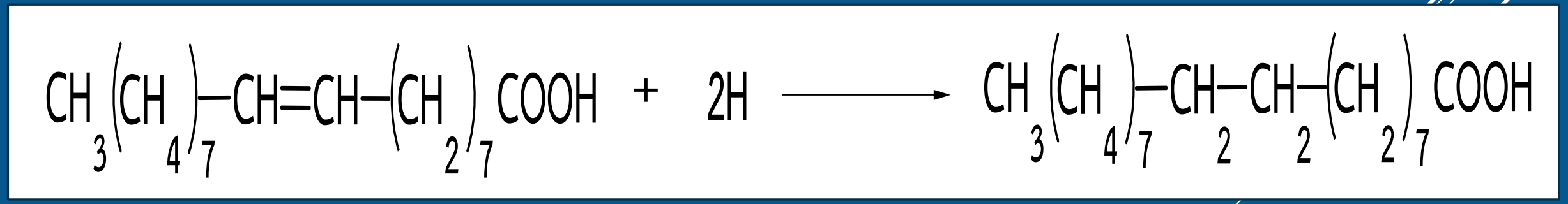
1. เป็นไขมัน หรือ น้ำมัน ซึ่งเป็นไขมันเดี่ยวๆ หรือ อาจเป็นส่วนผสมของไขมันกับน้ำมันหลายๆชนิด รวมถึงอาจเป็นไขมันหรือน้ำมันที่ผ่านกระบวนการต่างๆ
2. อาจมีการเติม emulsifier หรือ สารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) หรือสารผสมอื่น

ปัจจัยที่ทำให้เนยขาวมีลักษณะที่แตกต่างกัน

- การควบคุมอุณหภูมิ
- ความดัน
- อัตราการเติมไฮโดรเจน ซึ่งจะทำให้เนยขาวมีจุดหลอมเหลวที่แตกต่างกัน

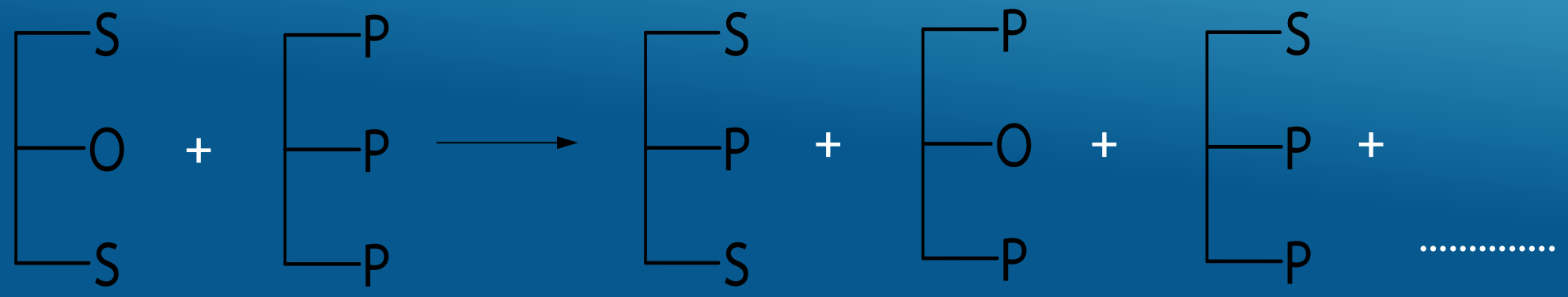
กระบวนการที่ใช้ในการผลิตเนยขาว

1. Hydrogenation



ปฏิกิริยา Hydrogenation ของกรดโอเลอิก

2. Interesterification เปลี่ยนคุณสมบัติของไขมันหมูจากที่มีเนื้อหยาบให้เป็นเนื้อสัมผัสที่เนียนละเอียดคล้ายพลาสติก

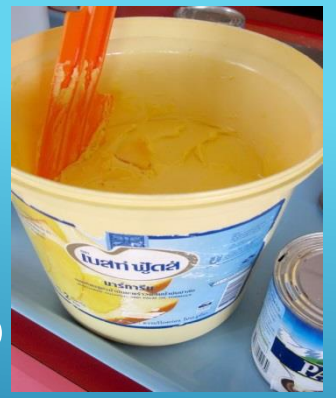


3. Acidolysis ในการทำให้ไขมัน เปลี่ยนสถานะเป็นของเหลว หรือเป็นพลาสติก ที่อุณหภูมิห้อง โดยการใช้กรดอะซิติก (acetic acid)

คุณสมบัติที่สำคัญของเนยขาวที่สำคัญต่อผลิตภัณฑ์เบเกอรี่

1. Solid fat index (SFI) คือ ปริมาตรของของแข็งในผลิตภัณฑ์ต่อปริมาตรของเหลว ซึ่ง SFI ส่งผลต่อความรู้สึกนุ่มลิ้นในปาก และทำหน้าที่เป็นตัวหล่อลื่น
2. Plasticity คือ ความเป็นพลาสติกของเนยขาวชนิดแข็ง มีผลต่อความสามารถในการดักจับอากาศระหว่างการตีผสมส่วนผสมสำหรับผลิตภัณฑ์เบเกอรี่
3. Oxidative stability คือ ความคงตัวต่อปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation) ซึ่งส่งผลต่อการเกิดกลิ่นเหม็นหืนในผลิตภัณฑ์
4. เป็นตัวถ่ายเทความร้อน

มาการีน (Margarine)



- มาการีนเป็นผลิตภัณฑ์ประเภทอิมัลชั่น (emulsion) ของ w/o ซึ่งประกอบด้วย ไขมัน 80 %
- โดยทั่วไปมาการีนมีจุดหลอมเหลวสูง จึงมีการพัฒนาเพื่อให้เหมาะสมกับการนำไปใช้งาน
- ข้อแตกต่างระหว่างเนยขาวกับมาการีนที่สำคัญคือ มาการีนมีนมเป็นส่วนประกอบอยู่ด้วยเสมอ แต่เนยขาวจะเป็นน้ำแทนที่จะเป็นนม

ใช้ในการทอด (Frying fat and oil)

ไขมันหรือน้ำมันที่ใช้ทอดผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ ควรมีคุณสมบัติ ดังนี้

1. มีจุดเกิดควัน (smoke point) ที่สูง
2. มีความคงตัวต่อการเกิดไฮโดรไลซิส (hydrolysis) และออกซิเดชัน (oxidation) ที่อุณหภูมิที่ใช้ทอด
3. ควรมีกลิ่นผลิตภัณฑ์ที่ใช้ทอดเล็กน้อย

น้ำในอาหารเป็นตัวเร่งให้เกิดปฏิริยาไฮโดรไลซิส โดยจะไปเร่งให้น้ำมันเกิดมีกรดไขมันอิสระเพิ่มมากขึ้น และกรดไขมันอิสระนี้เองเป็นตัวการทำให้เกิด ออโต-ออกซิเดชัน (auto oxidation) แล้วเกิดกลิ่นเหม็นหืน ทำให้กลิ่นรสของอาหารเปลี่ยนแปลง นอกจากนี้กรดไขมันอิสระยังอาจมารวมตัวกันเกิดเป็นสารประกอบพอลิเมอร์ ทำให้ความหนืดของน้ำมันเพิ่มขึ้นด้วย

การพิจารณาความเสื่อมเสียของน้ำมัน

1. สีเข้มขึ้น
2. ความหนืดเปลี่ยนแปลง (เพิ่มขึ้น)
3. จุดเกิดควันต่ำกว่า 90 °C
4. กลิ่นไม่ดีผิดปกติ

คุณภาพของอาหารขึ้นอยู่กับคุณภาพของน้ำมันที่ใช้ในการทอด

การยืดอายุการเก็บน้ำมัน

1. ไม่ปล่อยให้น้ำมันร้อนนานเกินไปก่อนการใช้งาน
2. ในการทอดน้ำมันท่วม (deep fat frying) ไม่ควรใช้อุณหภูมิที่สูงจนเกินไป
3. ควรมีการกรองเศษอาหารออกจากน้ำมันหลังจากที่ใช้เสร็จแล้ว
4. เก็บในที่มิดชิด

ไขมันและน้ำมันยังทำหน้าที่อื่นในในผลิตภัณฑ์อาหาร

- Coating product
- Emulsifier
- Plasticizer
- Lubricant
- Binder
- Defoaming agent

Coating product

1. ไขจากธรรมชาติ (Natural wax) เช่น ไขคาร์นูบา (carnuba wax) ใช้ในการเคลือบผลไม้ อาหาร
2. Petroleum base waxes เช่น น้ำมันพาราฟิน (Paraffin oil) mineral oil
3. Vegetable oil เช่น น้ำมันข้าวโพดใช้เคลือบลูกกวาด

ข้อดีของการใช้ Coating lipid ในผลิตภัณฑ์

1. ป้องกันการสูญเสียความชื้นของอาหาร
2. ลดอัตราการหายใจของผลไม้
3. ลดการเน่าเสียทำลายจากแมลง
4. ให้สี ลักษณะปรากฏที่ดี ให้ความมันวาว
5. การเติมไขมันและน้ำมันลงในสารเคลือบช่วยให้สารเคลือบนั้นเกิดเป็นฟิล์มได้เร็วขึ้น

Emulsifier

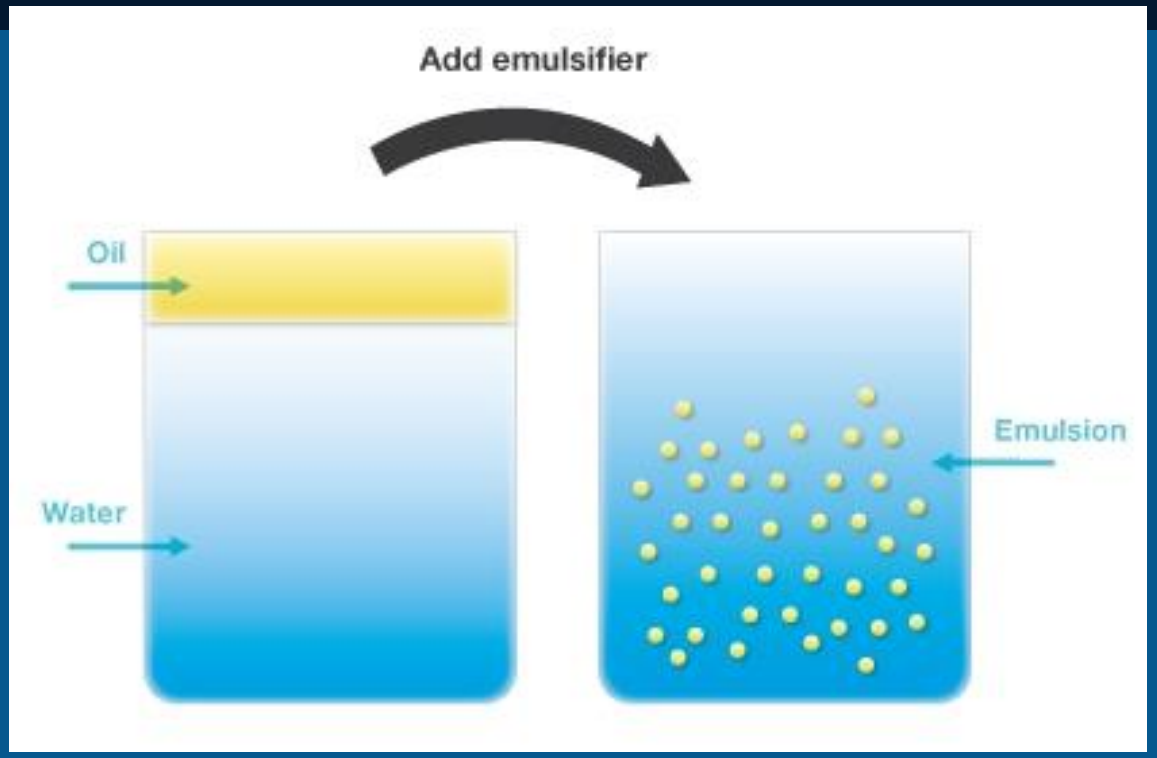
Emulsifier เป็นสารที่ช่วยให้ของเหลวสองชนิดรวมเป็นเนื้อเดียวกันได้ ซึ่งประกอบไปด้วย

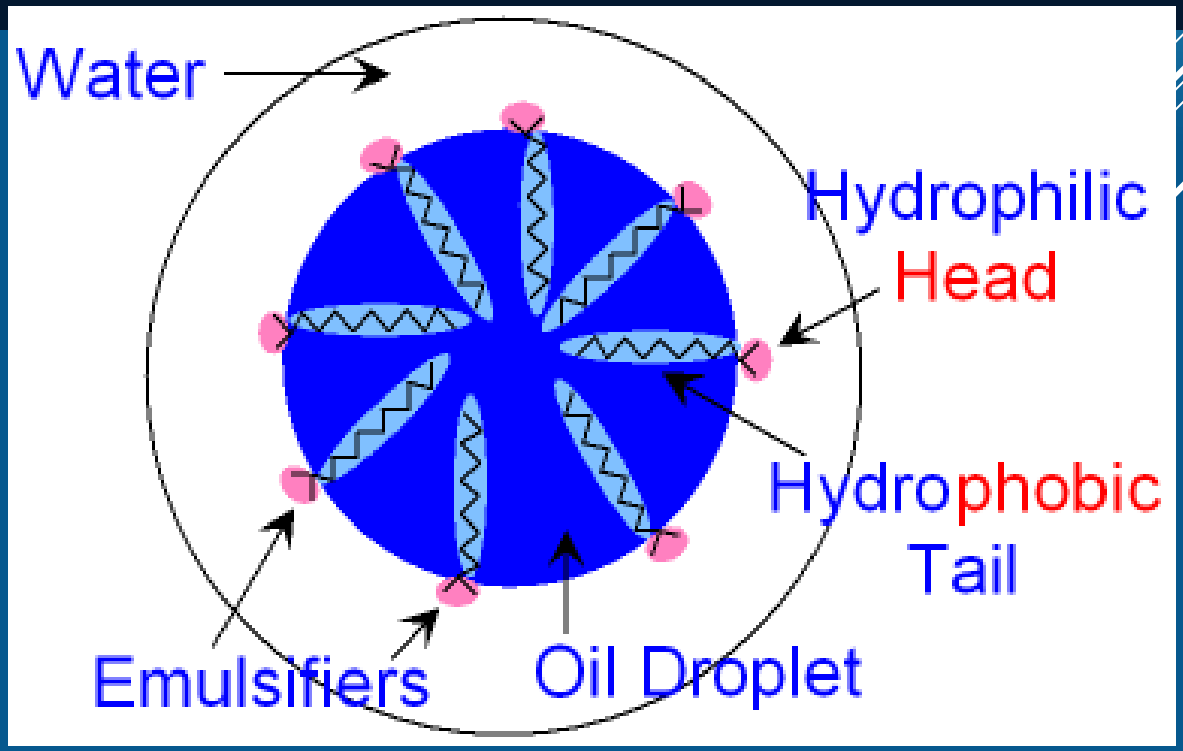
- หมู่ที่ชอบน้ำ (hydrophilic group)
- หมูที่ไม่ชอบน้ำ (hydrophobic group)

โดยมาก emulsifier ทางการค้าคือ โมโนกลีเซอไรด์ (monoglyceride) ซึ่ง emulsifier ธรรมชาติที่นิยมกันมากคือ ไข่แดงและเลซิทิน

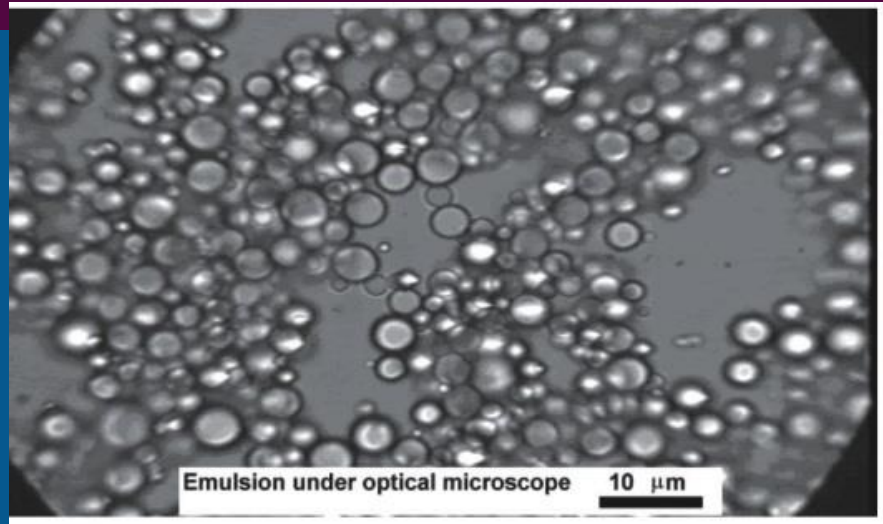
อิมัลชัน (Emulsion) หมายถึงผลิตภัณฑ์รูปแบบหนึ่ง ที่ประกอบด้วย

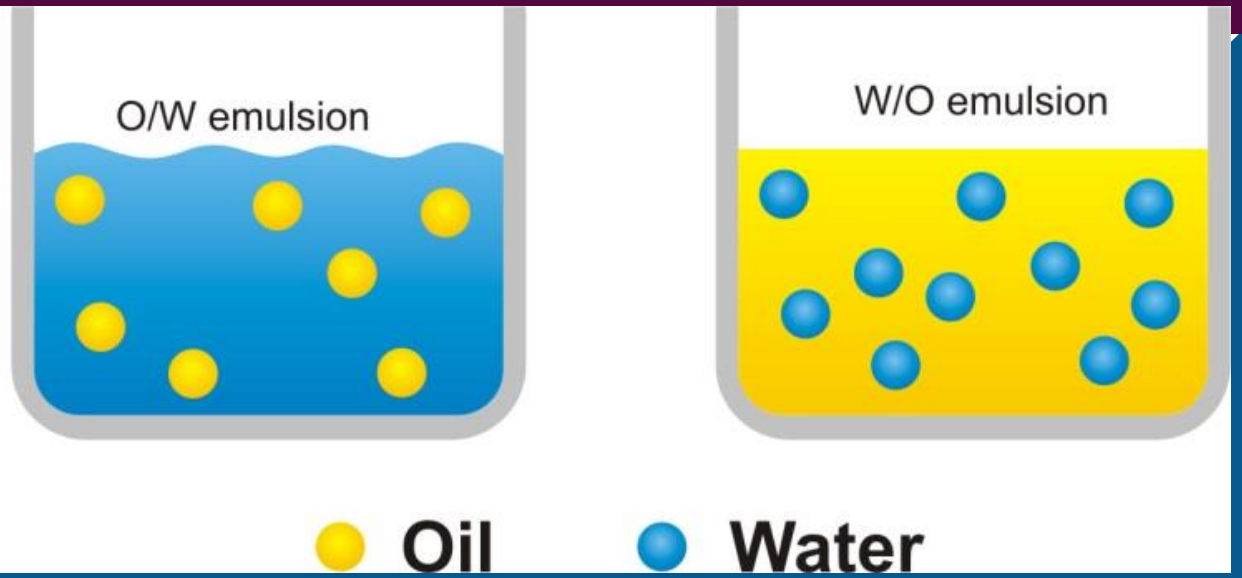
ของเหลวอย่างน้อย 2 ชนิด ซึ่งไม่เข้ากันหรือไม่ละลายในกันและกัน เช่น น้ำ และน้ำมัน ถูกนำมาไว้ด้วยกันในลักษณะที่ผสมผสานเข้าเป็นเนื้อเดียวกัน โดยอาศัยตัวทำอิมัลชัน (Emulsifier)





ส่องดู Emulsion ด้วยกล้องจุลทรรศน์จะเห็นเป็น 2 วัฏภาค คือหยดเล็กๆ ของของเหลวชนิดหนึ่งที่เรียกว่า วัฏภาคภายใน (internal or dispersed phase) กระจายตัวแทรกอยู่ในของอีกเหลวชนิดหนึ่ง ซึ่งเรียกว่า วัฏภาคภายนอก (external or continuous phase)

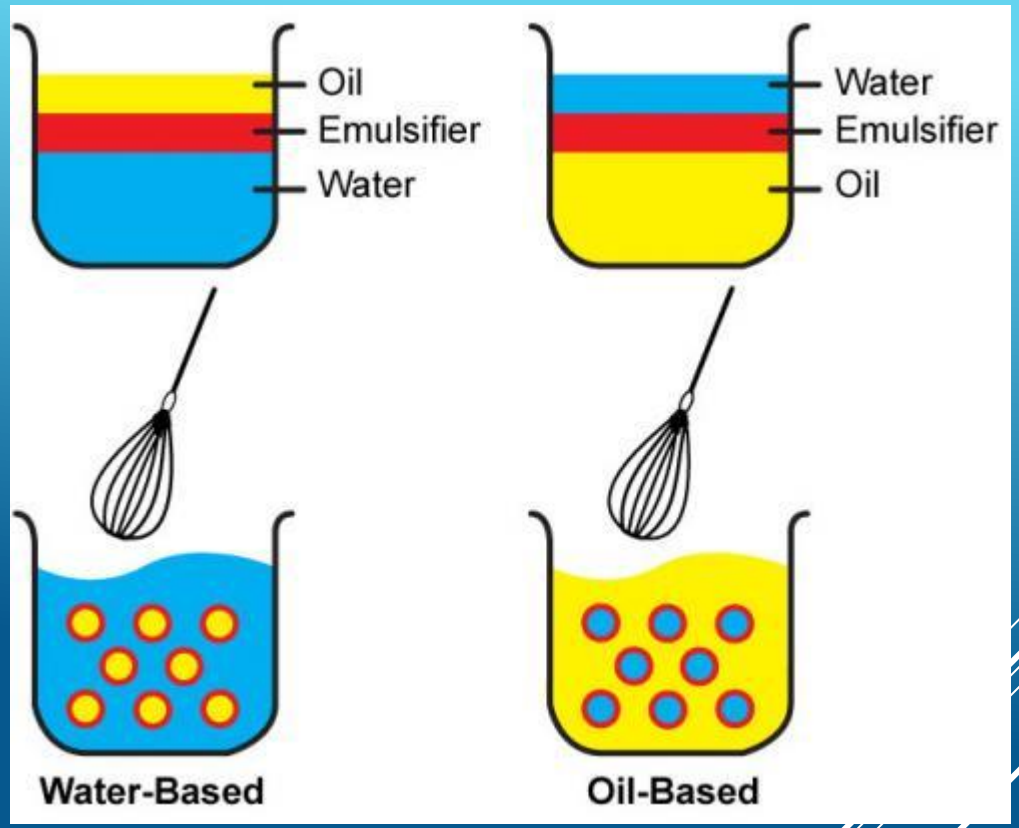




ส่วนประกอบของอิมัลชัน

1. วัฏภาคน้ำ (water phase)
2. วัฏภาคน้ำมัน (oil phase)
3. ตัวทำอิมัลชัน (Emulsifier)

ได้แก่ สารลดแรงตึงผิว ซึ่งเป็นตัวสำคัญในการผสมผสานให้วัฏภาคน้ำและน้ำมันเข้าเป็นเนื้อเดียวกันได้



ชนิดของอิมัลชัน

แบ่งตามลักษณะภายนอกที่มองเห็น

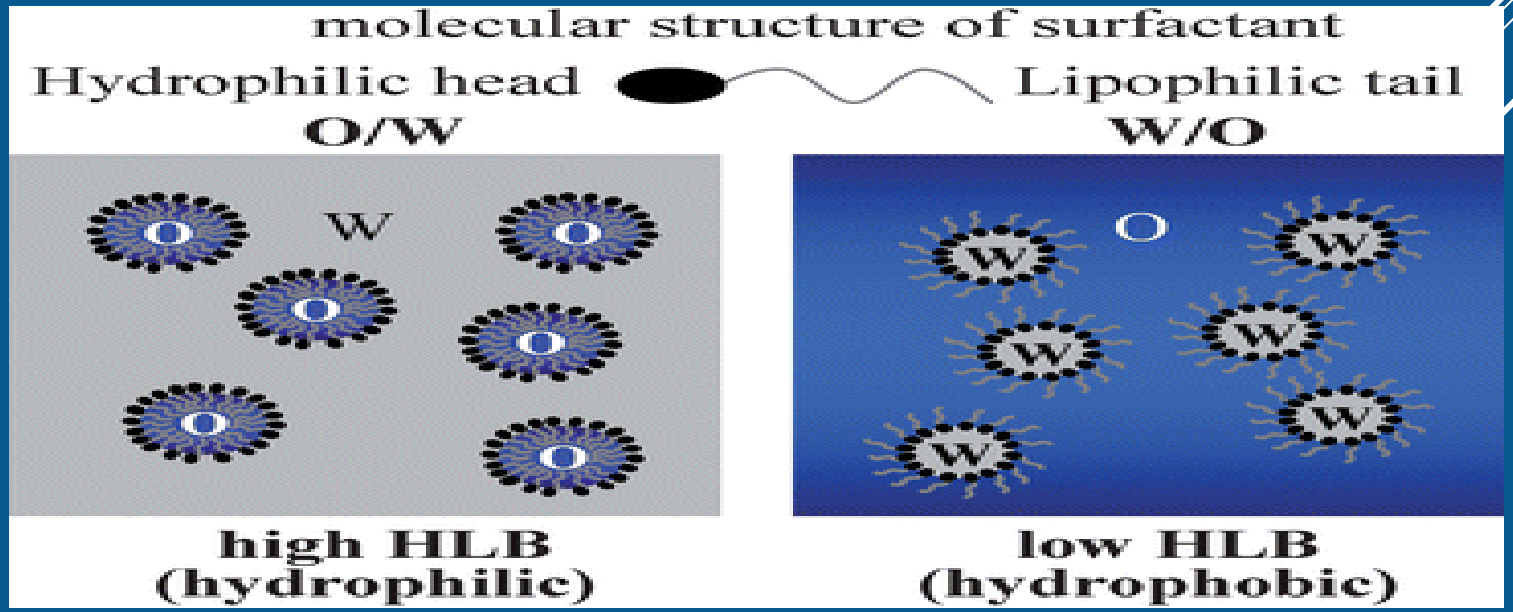
- แมคโครอิมัลชัน (macro emulsion) ซึ่งคืออิมัลชันลักษณะขุ่นขาว
- ไมโครอิมัลชัน (micro emulsion) มีลักษณะโปร่งใส เนื่องจาก อนุภาคของวัฏภาคภายในมีขนาดเล็กมาก

Microemulsion (clear) vs.
Macroemulsion (cloudy)

แบ่งตามชนิดของของเหลวที่เป็นวัฏภาคภายในและวัฏภาคภายนอก

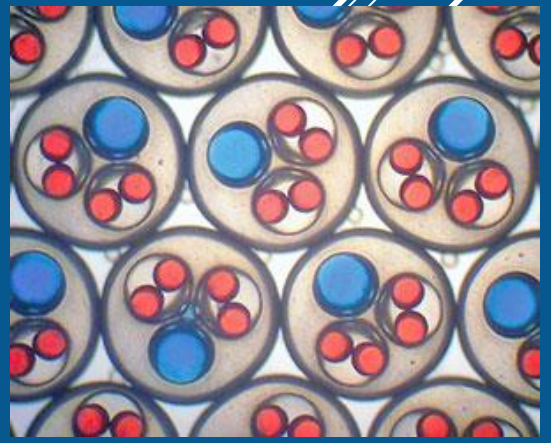
- อิมัลชันชนิดน้ำในน้ำมัน (W/O emulsion) อิมัลชันนี้มีวัฏภาคภายในเป็นน้ำ วัตภาคนอกเป็นน้ำมัน มีความเหนอะหนะและล้างน้ำออกยาก

- อิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำ (O/W emulsion) อิมัลชันชนิดนี้มีวัฏภาคภายในเป็นน้ำมัน วัฏภาคภายนอกเป็นน้ำ จึงมีความเหนอะหนะน้อย ทาแล้วกระจายดี ล้างน้ำออกง่าย



- อิมัลชันเชิงซ้อน (multiple emulsion) เป็นอิมัลชันที่มีวัฏภาคภายนอกในเชิงซ้อนกันอยู่ ซึ่งเป็นของเหลวต่างชนิดกัน เช่น W/O/W หรือ O/W/O อิมัลชันเชิงซ้อนนี้สามารถกลับกลายเป็นอิมัลชันธรรมดาได้ เช่น

W/O/W ซึ่งมีน้ำเป็นวัฏภาคภายนอก แต่วัฏภาคภายในซึ่งเป็นน้ำมัน จะมีหยดเล็กๆของน้ำซ้อนอยู่อีกที เมื่อกลับกลายเป็นอิมัลชันธรรมดา จะกลายเป็นชนิด O/W



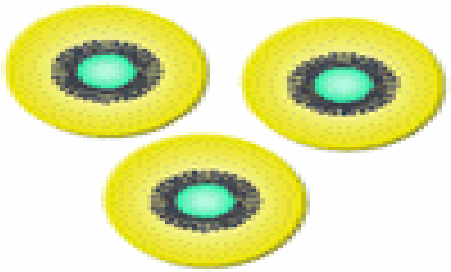
Montanide ISA

Oil
mineral
synthetic
natural

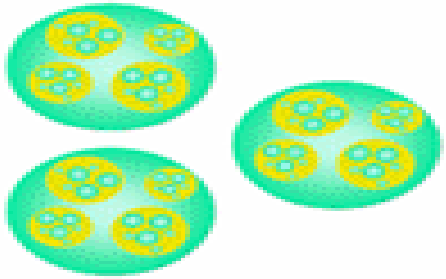
+

+

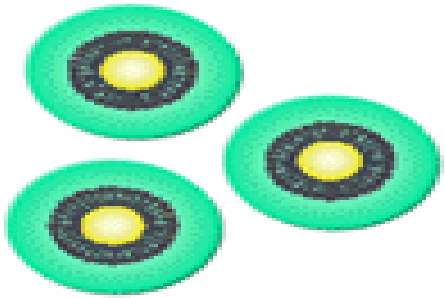
Aqueous phase
antigenic media



W/O



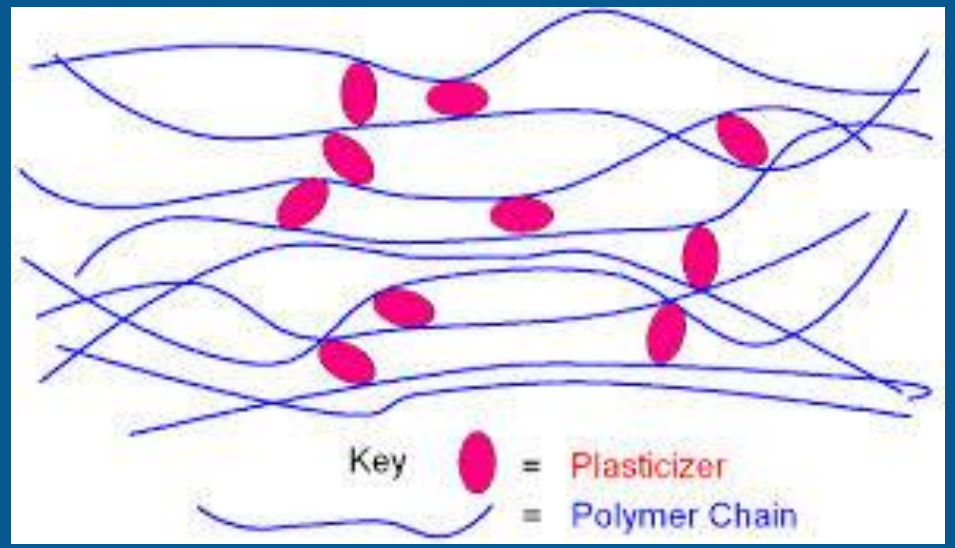
W/O/W



O/W

Plasticizer

คือ สารเพิ่มสภาพพลาสติก ช่วยเพิ่มความอ่อนตัว ความยืดหด โดยมากตัวเพิ่มสภาพพลาสติก จะเป็นของเหวที่มีจุดเดือดสูง มีการนำไขมันและอนุพันธ์มาใช้ผสมเพื่อเป็นตัวเพิ่มสภาพพลาสติก โดยใช้ในรูปของ epoxydized oil และ เอสเทอร์



Lubricant

- เป็นตัวหล่อลื่น ซึ่งในที่นี้หมายถึง หล่อลื่นให้กับอุปกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการผลิตอาหาร (และรวมถึงเครื่องจักกลในการผลิตทั่วไป)
- ข้อได้เปรียบเมื่อใช้ไขมันและน้ำมันเป็นตัวหล่อลื่น คือ สามารถเกาะติดกับพื้นผิวของโลหะในรูปสารเคลือบที่บางมาก
- เนื่องจากส่วนที่มีขั้วของกรดไขมันอิสระมีแนวโน้มเกาะกับพื้นผิวโลหะเกิดเป็นชั้นของโมเลกุลเคลือบโลหะไว้
- อย่างไรก็ตามน้ำมันหล่อลื่นจากไขมันนี้สามารถเกิดการไฮโดรไลซ์เกิดเป็น กรด หรือ เบสทำให้เกิดการกัดร่อนได้มากกว่าน้ำมันหล่อลื่นจากปิโตรเลียม

- Binder

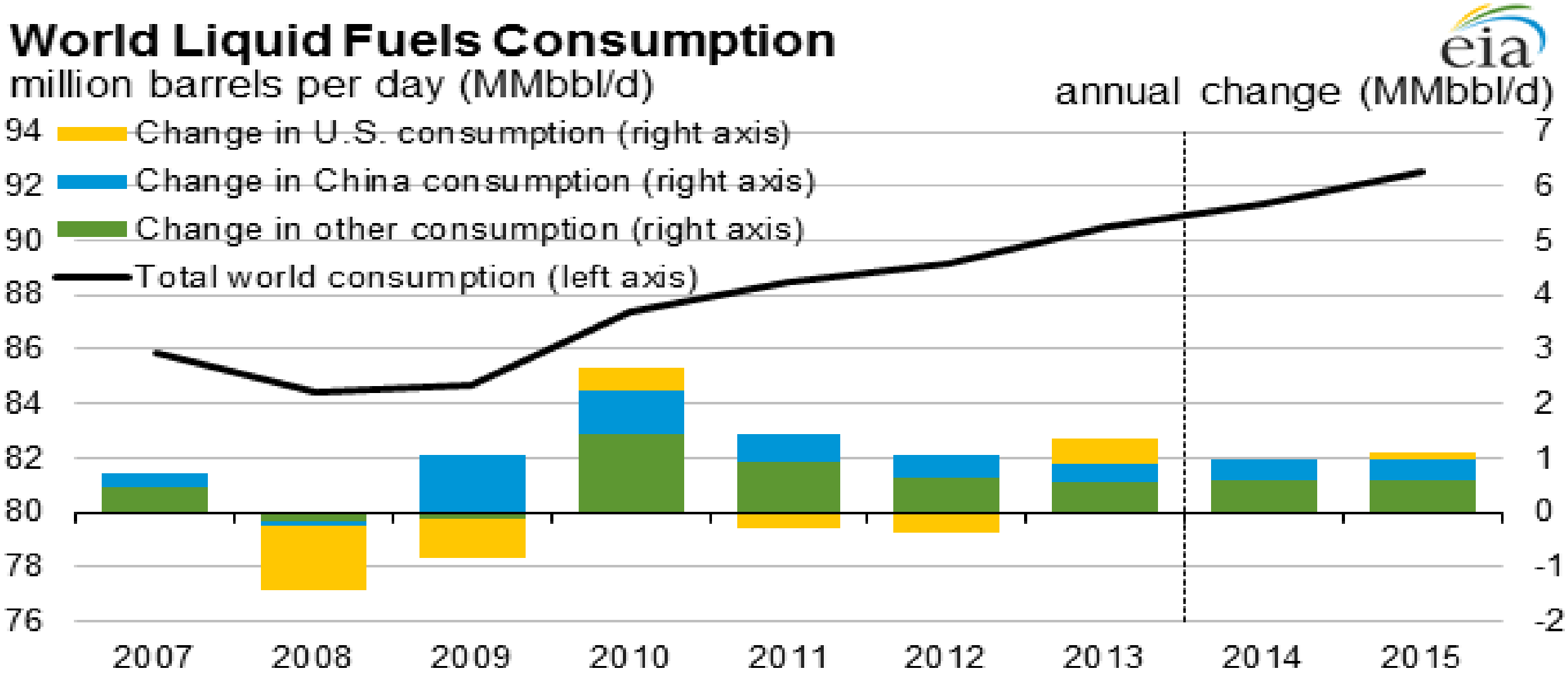
ไขมันและน้ำมันทำหน้าที่ช่วยให้ส่วนประกอบต่างๆ ของอาหารยึดเกาะกันได้ดี

- ตัวลดการเกิดฟอง (Defoaming agent)

ไขมันและน้ำมันทำหน้าที่ช่วยลดอัตราการเกิดฟองในผลิตภัณฑ์

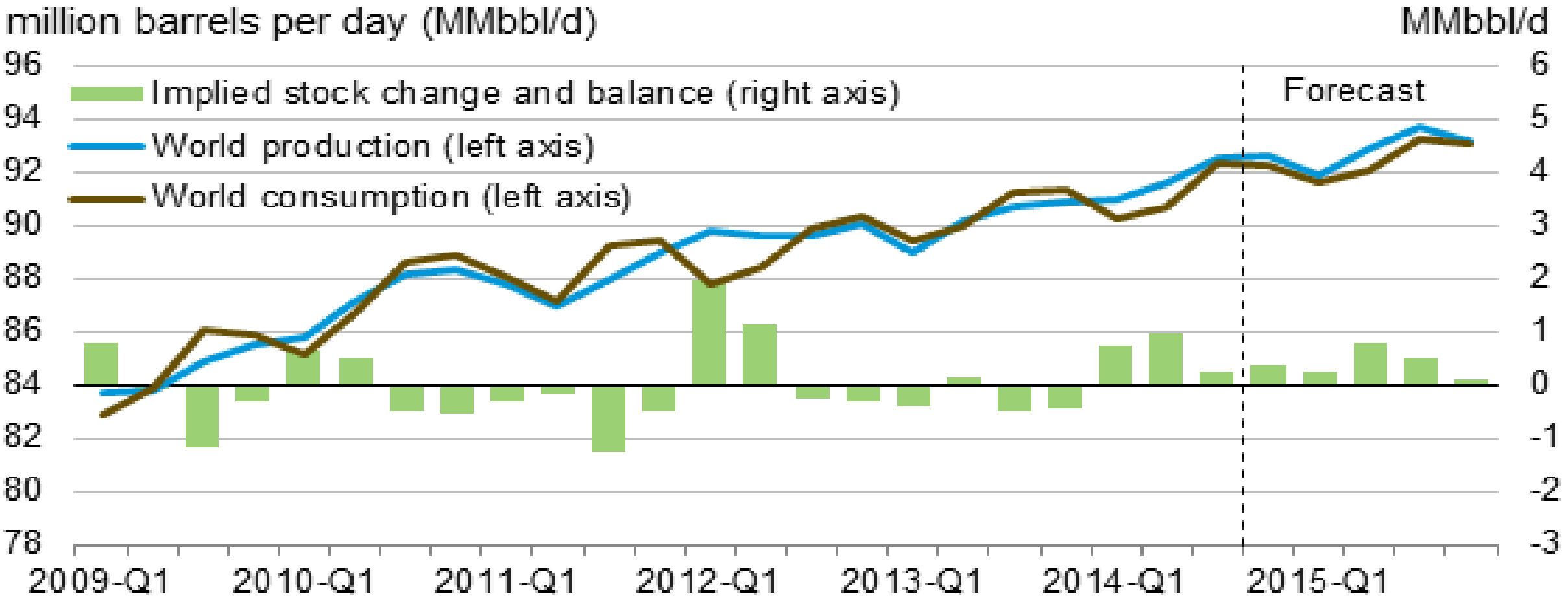
BioDiesel

World Liquid Fuels Consumption

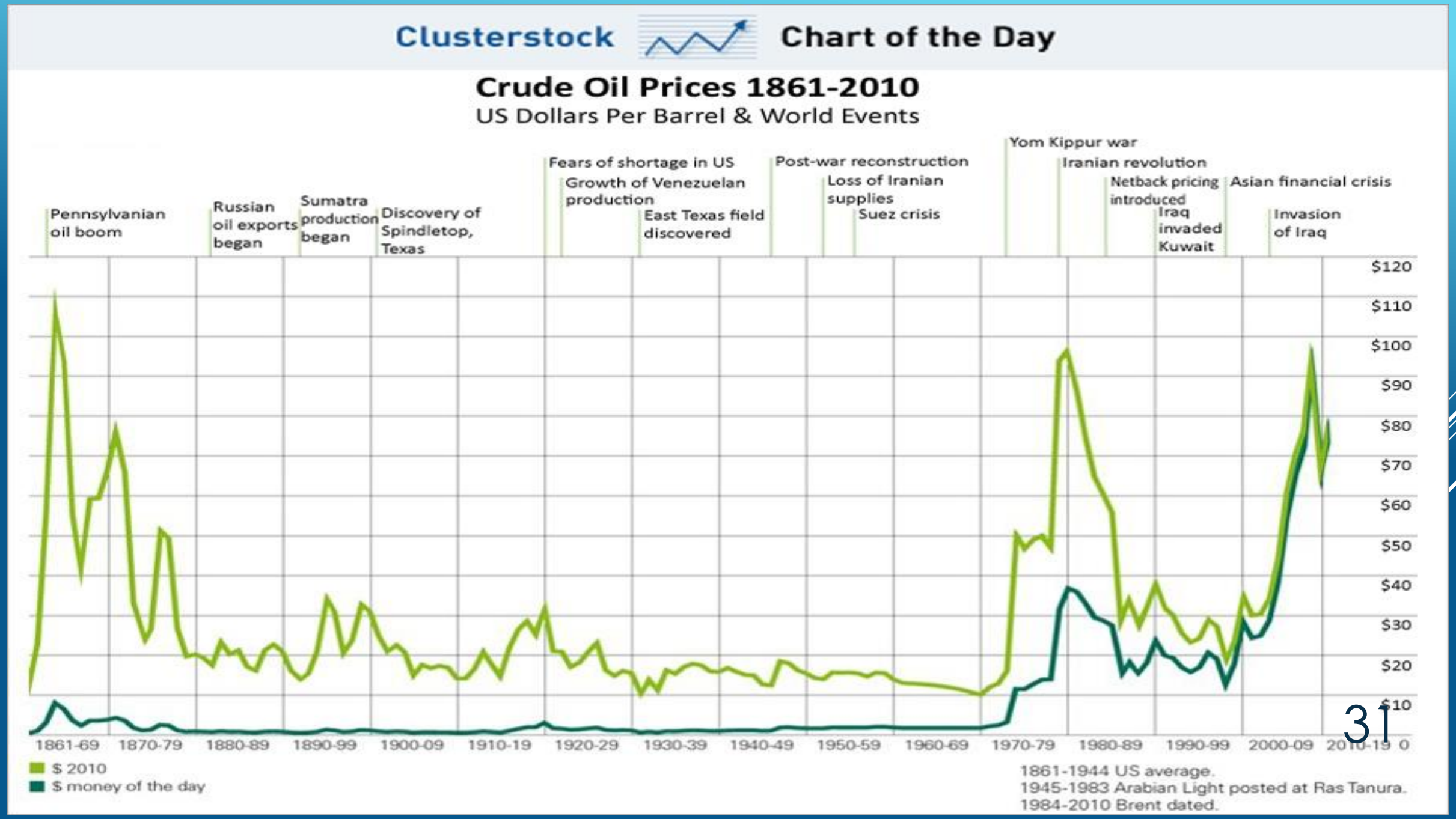


Source: Short-Term Energy Outlook, November 2014.

World Liquid Fuels Production and Consumption Balance

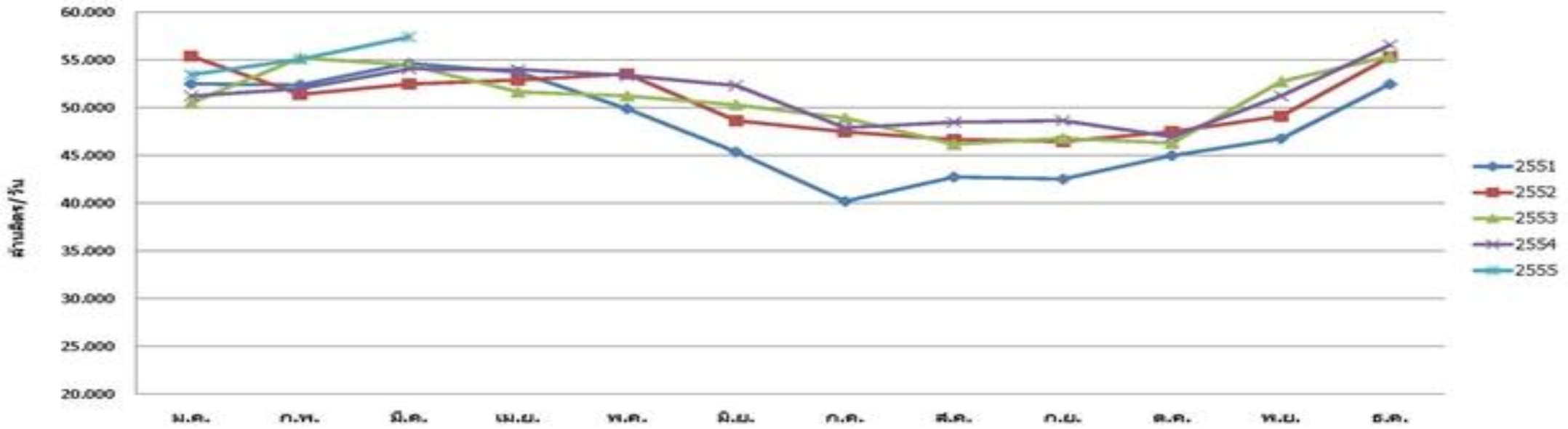


Source: Short-Term Energy Outlook, November 2014.


Clusterstock
Chart of the Day
Crude Oil Prices 1861-2010
US Dollars Per Barrel & World Events
Pennsylvanian oil boom
Russian oil exports began
Sumatra production began
Discovery of Spindletop, Texas
Fears of shortage in US
Growth of Venezuelan production
East Texas field discovered
Post-war reconstruction
Loss of Iranian supplies
Suez crisis
Yom Kippur war
Iranian revolution
Netback pricing introduced
Iraq invaded Kuwait
Asian financial crisis
Invasion of Iraq
$120
$110
$100
$90
$80
$70
$60
$50
$40
$30
$20
$10
0
1861-69
1870-79
1880-89
1890-99
1900-09
1910-19
1920-29
1930-39
1940-49
1950-59
1960-69
1970-79
1980-89
1990-99
2000-09
2010-19
$ 2010
$ money of the day
1861-1944 US average.
1945-1983 Arabian Light posted at Ras Tanura.
1984-2010 Brent dated.

THE WORLD'S MOST EXPENSIVE DIESEL
PRICE PER LITRE (GBP)
£1.50
£1.25
£1.00
NORWAY
150.0
ITALY
147.0
TURKEY
144.0
UK
141.0
ISRAEL
138.0
SWEDEN
135.0
DENMARK
133.0
ICELAND
131.0
FINLAND
128.0
IRELAND & GERMANY
126.0
COUNTRY

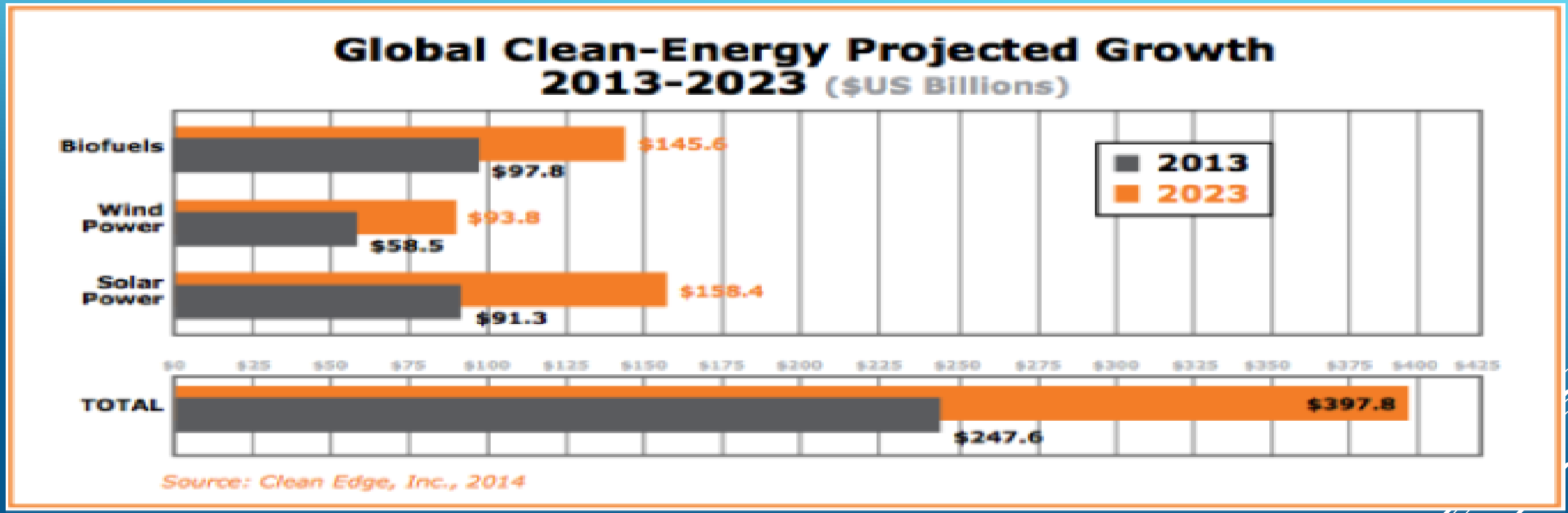
ปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลหมุนเร็ว



หน่วย : ล้านลิตร/วัน

ปี	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค. - ธ.ค.
2551	52.507	52.395	54.653	53.725	49.901	45.371	40.196	42.752	42.541	44.994	46.762	52.487	48.190
2552	55.423	51.403	52.486	52.911	53.558	48.641	47.485	46.656	46.480	47.494	49.131	55.321	50.582
2553	50.501	55.221	54.496	51.671	51.235	50.292	48.922	46.172	46.799	46.293	52.752	55.391	50.812
2554	51.227	52.014	54.055	54.007	53.386	52.323	47.914	48.481	48.657	46.971	51.248	56.570	51.404
2555	53.455	55.084	57.406										

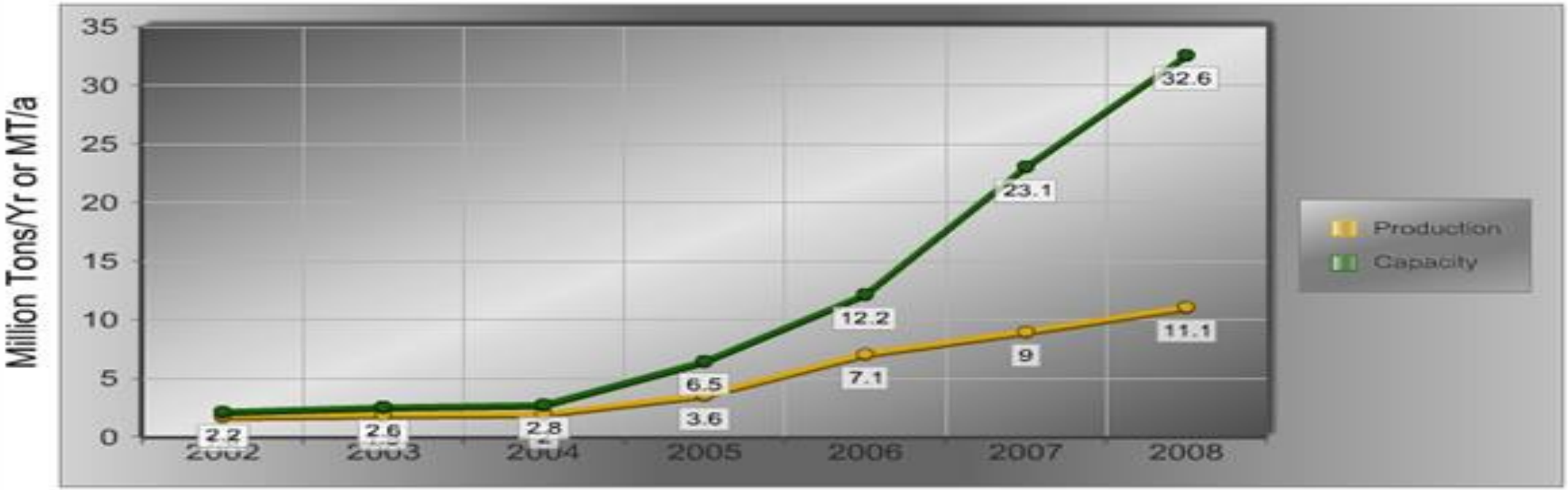
* ข้อมูลเบื้องต้น


Global Clean-Energy Projected Growth
2013-2023 ($US Billions)
Biofuels
$145.6
$97.8
Wind Power
$93.8
$58.5
Solar Power
$158.4
$91.3
2013
2023
$0
$25
$50
$75
$100
$125
$150
$175
$200
$225
$250
$275
$300
$325
$350
$375
$400
$425
TOTAL
$397.8
$247.6
Source: Clean Edge, Inc., 2014

น้ำมันเชื้อเพลิงดีเซลจากน้ำมัน ที่ได้จากพืชและสัตว์

ไบโอดีเซล หมายถึง เชื้อเพลิงเหลวโมโนอัลคิลเอสเทอร์ของกรดไขมันที่มีสายโซ่คาร์บอนยาว (monoalkyl esters of long-chain fatty acids)

World Biodiesel Production and Capacity

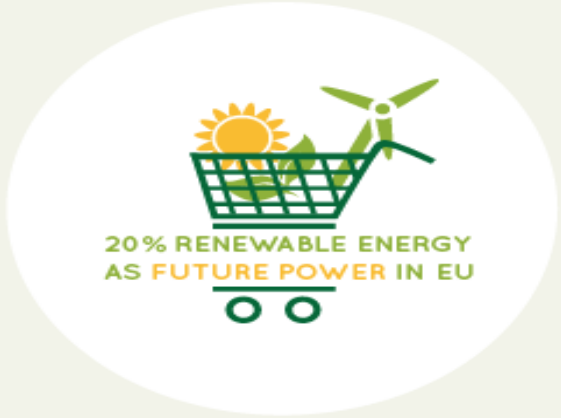


source Biodiesel 2020: A Global Market Survey, 2nd edition

น้ำมันที่ได้จากสัตว์หรือพืชนั้นมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซล โดยมีข้อพิจารณาในการนำมาใช้ดังนี้

- น้ำมันเชื้อเพลิงต้องมีคุณสมบัติในการให้พลังงานและคุณสมบัติอื่นๆ คล้ายคลึงกับน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซลปิโตรเลียมโดยสามารถใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลได้

- เป็นพลังงานที่สามารถแข่งขันเชิงพานิชย์ได้
- เป็นพลังงานที่สามารถนำมาใช้เพื่อการบริโภคได้อย่างต่อเนื่องไม่ขาดแคลน และเหมาะสมกับสภาพเศรษฐกิจของประเทศ
- เป็นพลังงานที่ไม่ก่อปัญหากับสภาพแวดล้อม



Biodiesel

น้ำมันเชื้อเพลิงจากที่ได้จากพืชและสัตว์นับว่าเป็นเชื้อเพลิงทางเลือก (alternative fuel) ที่มีความน่าสนใจเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจาก

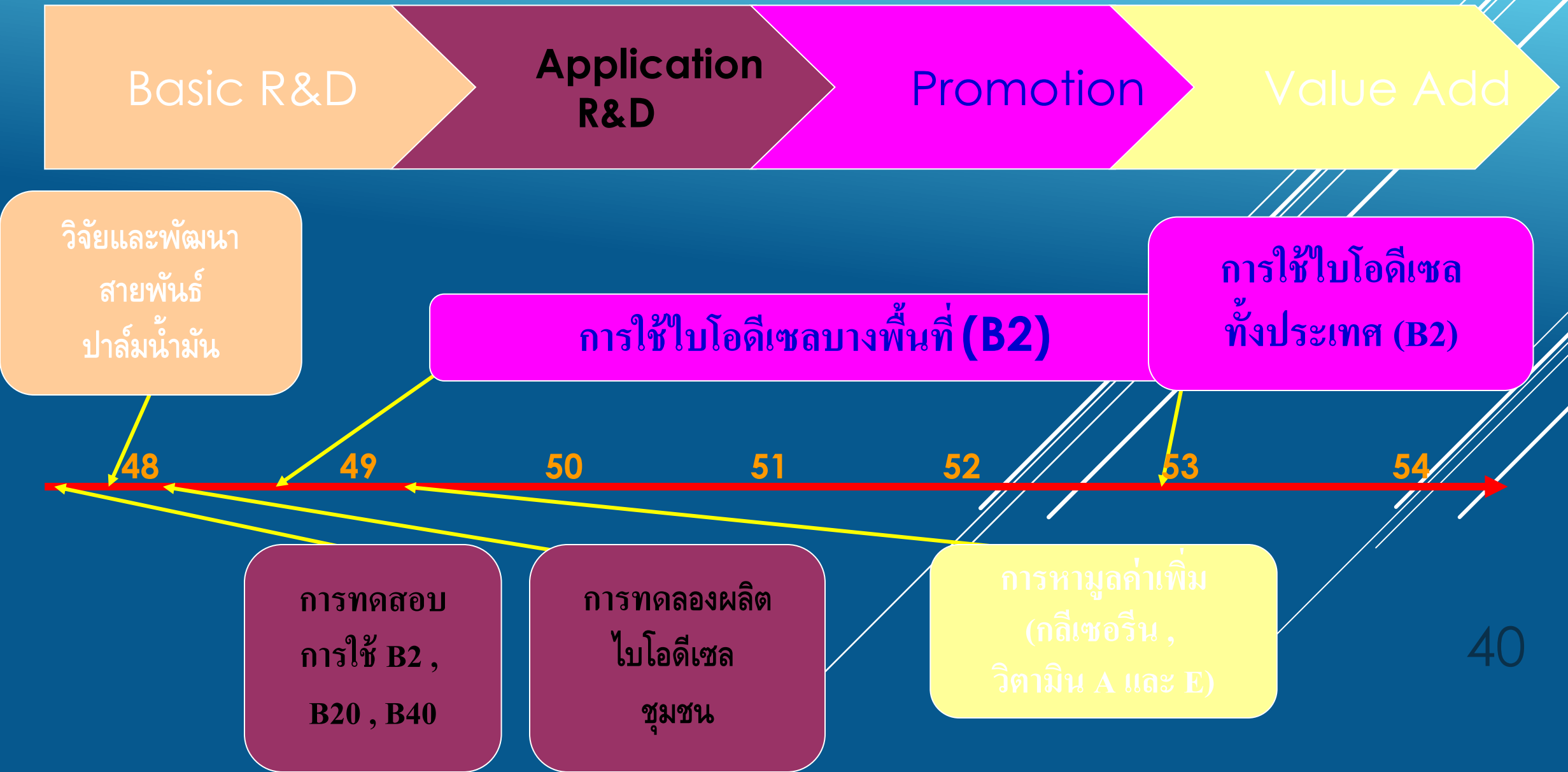
1.เป็นพลังงานที่ไม่ก่อให้เกิดการเพิ่มขึ้นของ CO_2 ในชั้นบรรยากาศซึ่งเป็นสาเหตุของปรากฏการณ์เรือนกระจก แตกต่างจากเชื้อเพลิงปิโตรเลียม

2.เป็นพลังงานที่สามารถผลิตได้จากวัตถุดิบที่มีภายในประเทศทำให้ลดการนำเข้าเชื้อเพลิงปิโตรเลียม

3.สามารถเสื่อมสลายทางชีวภาพได้

4.ลดปริมาณอนุภาค CO จากการเผาไหม้เมื่อเทียบกับเชื้อเพลิงดีเซลปิโตรเลียมและที่สภาวะเดียวกันระดับของ NO_x มีปริมาณต่ำกว่า

Biodiesel Roadmap



วัตถุดิบในการผลิตไบโอดีเซล

น้ำมันถั่วเหลือง

น้ำมันเมล็ดสบู่ดำ

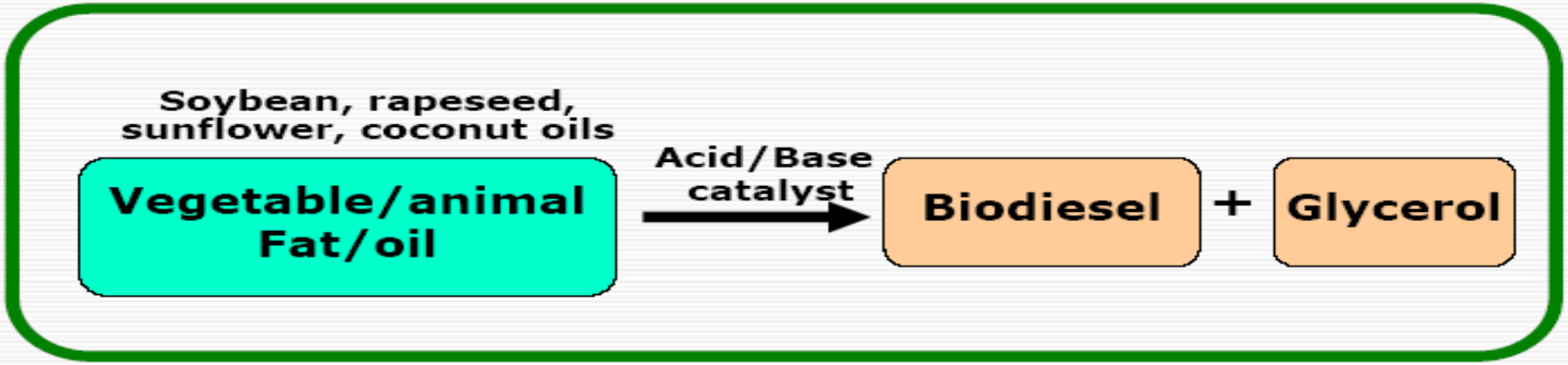
น้ำมันจากสัตว์

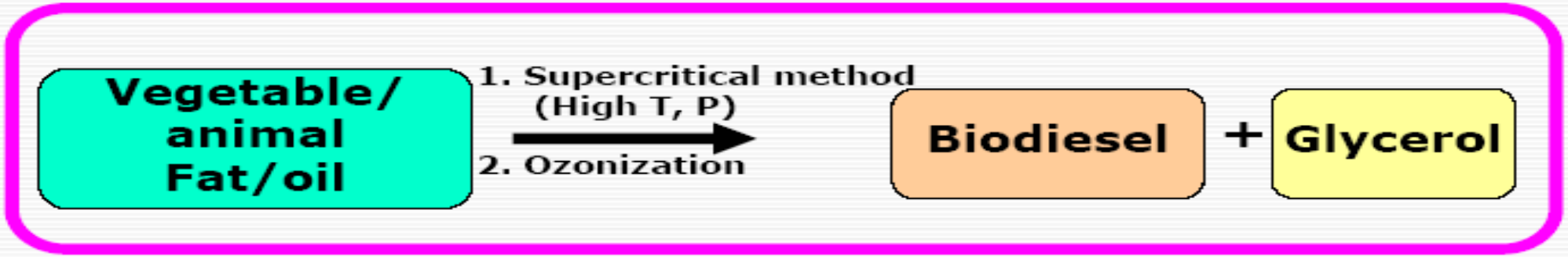
น้ำมันใช้แล้ว

น้ำมันทานตะวัน

DILIGENT

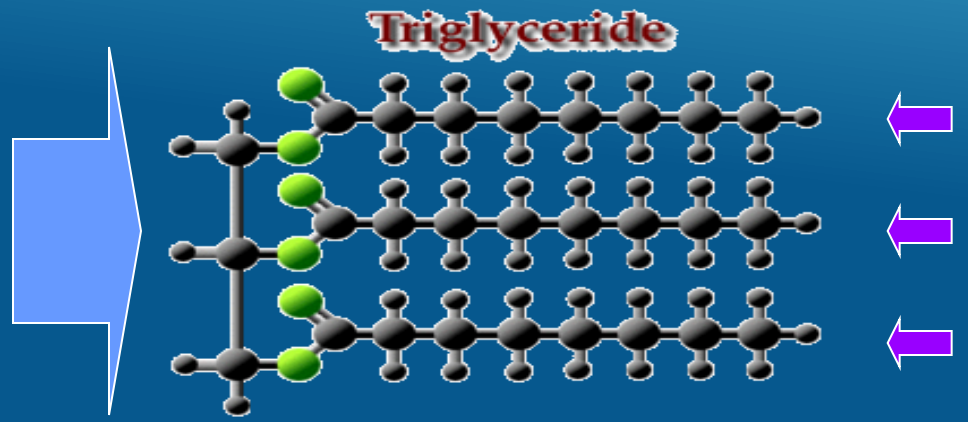
การผลิตไบโอดีเซล





Vegetable oils

Composition



fatty acid 3 moles

glycerol 1 mole

Variation

- fatty acid chain length
- degree of unsaturated

Properties of vegetable oil

flash point	higher	advantages
sulfur content	lower	
cetane number	lower	
viscosity	higher	disadvantages
energy content	lower	
cold flow properties	not good	

Process to use vegetable oil as diesel fuel

1. Direct use/ blending
2. Pyrolysis (thermal cracking)
3. Microemulsion
4. **Transesterification**

1. Direct use / blending

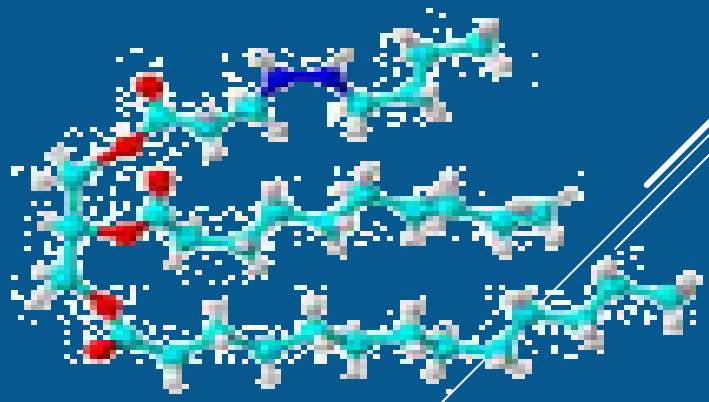
optimum ratio 20 : 80

Problem

- high viscosity
- acid composition/ free fatty acid content
- gum formation
- Carbon deposit
- lubricating oil tickening
- poor cold flow properties

Process Development

- high viscosity
- low volatility
- polyunsaturated



2. Pyrolysis

'thermal decomposition'

big molecule (TG) → (heat) small molecules

Problem: consume high energy

ash

Carbon residue

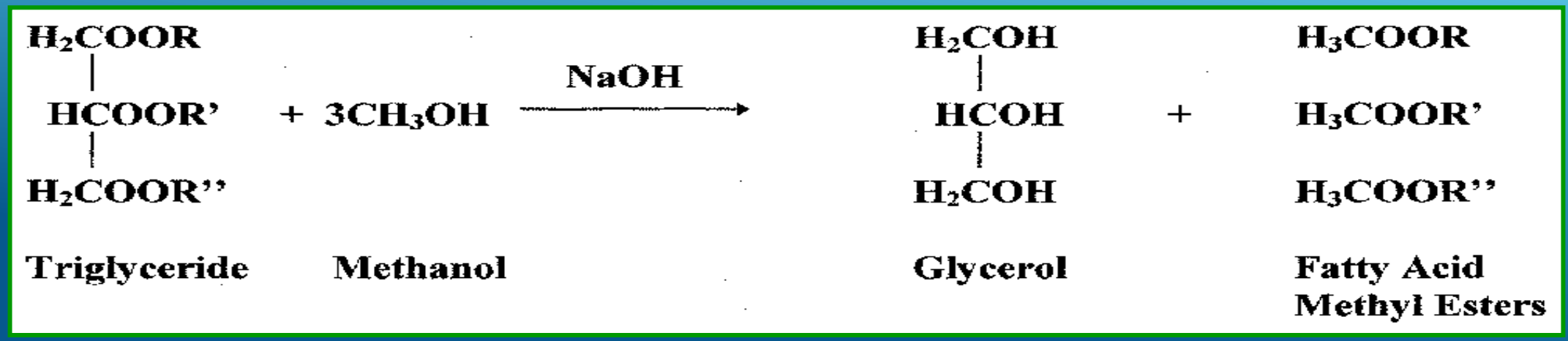
3. Microemulsions

oil + solvent ⟶ colloidal equilibrium dispersion

problem :

- irregular injector needle
- heavy Carbon deposits
- incomplete combustion
- increase lubricity viscosity

4. Transesterification



'alcoholysis'

triglyceride + alcohol → diglyceride + fatty acid ester

diglyceride + alcohol → monoglyceride + fatty acid ester

Monoblyceride + alcohol → glycerol + fatty acid ester

4. Transesterification (continue)

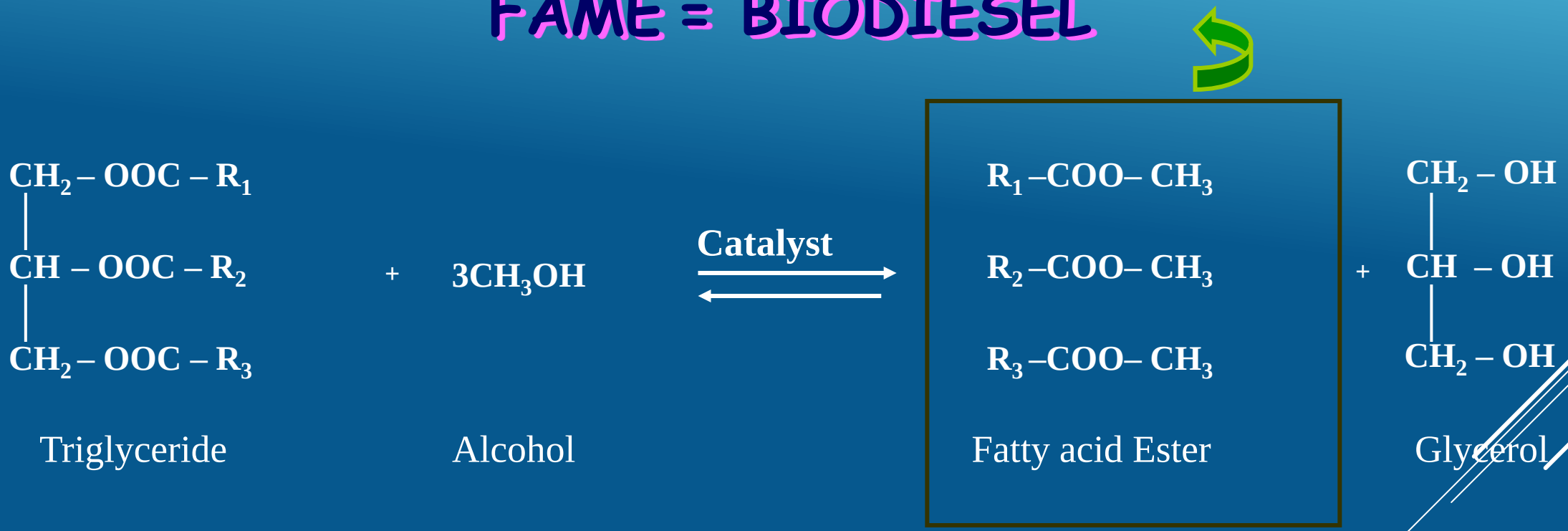
alcohol → ethanol, methanol

alcohol : TG → 3 : 1

catalyst → acid, base, biocatalyst

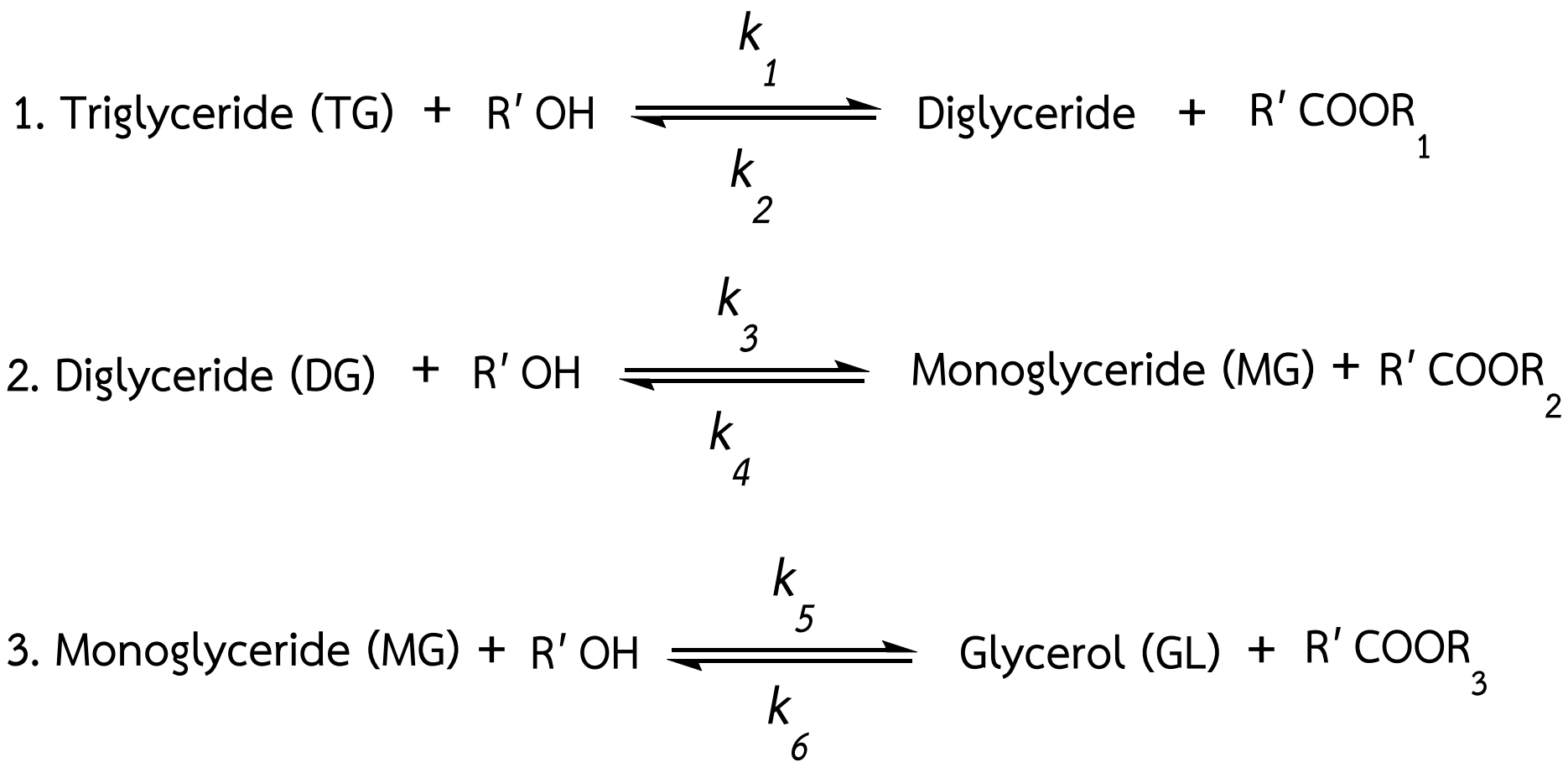
Fatty acid methyl ester (FAME) production

FAME = BIODIESEL

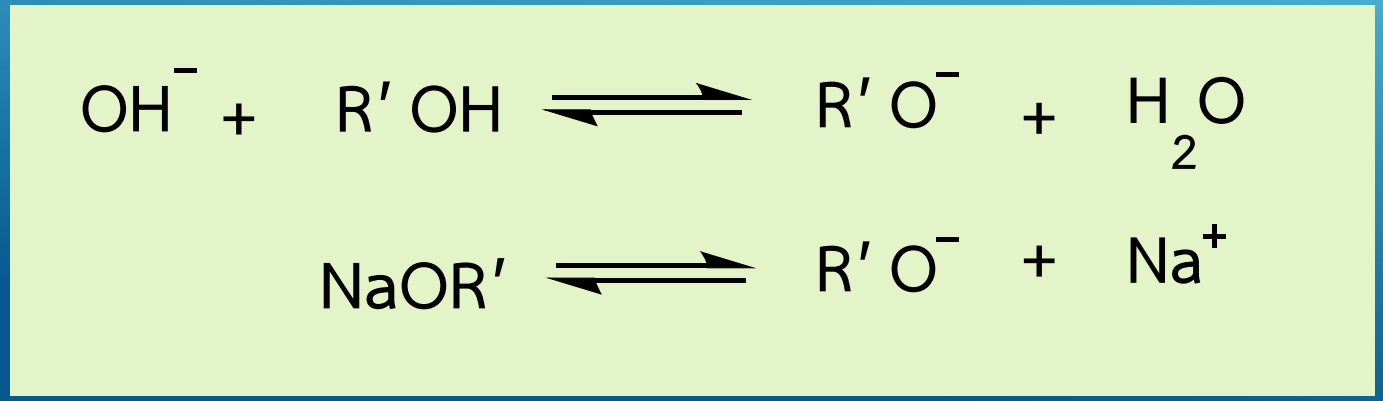


Transmethylation reaction

กลไกและจลนพลศาสตร์เคมีของปฏิกิรยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน

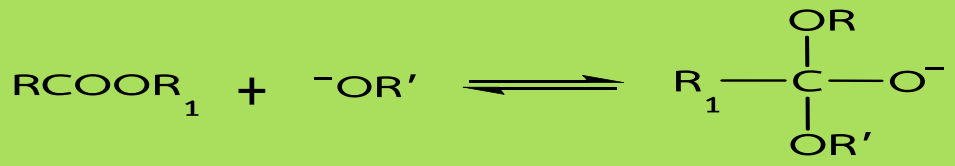


ขั้นตอนก่อนเริ่มปฏิกิริยา (pre- step)

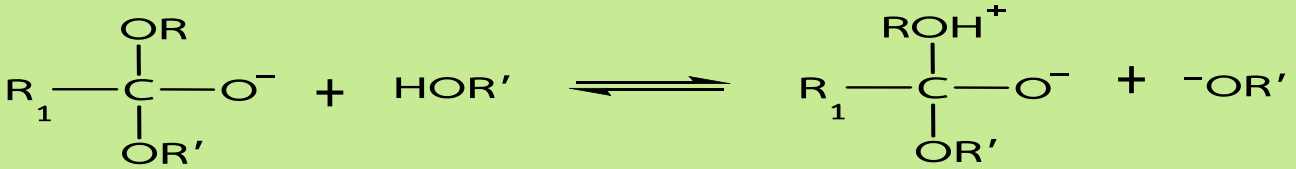


ขั้นตอนของปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน

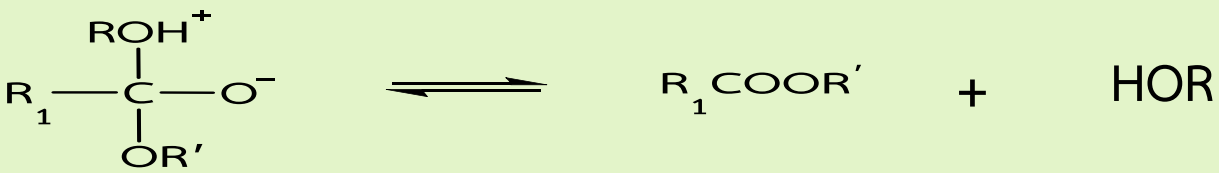
Step 1.



Step 2.



Step 3.



Where - R-OH diglyceride

- R1 long chain group alkyl group,
- R´ short alkyl group

ปัจจัยที่มีความสำคัญต่อผลผลิตที่ได้

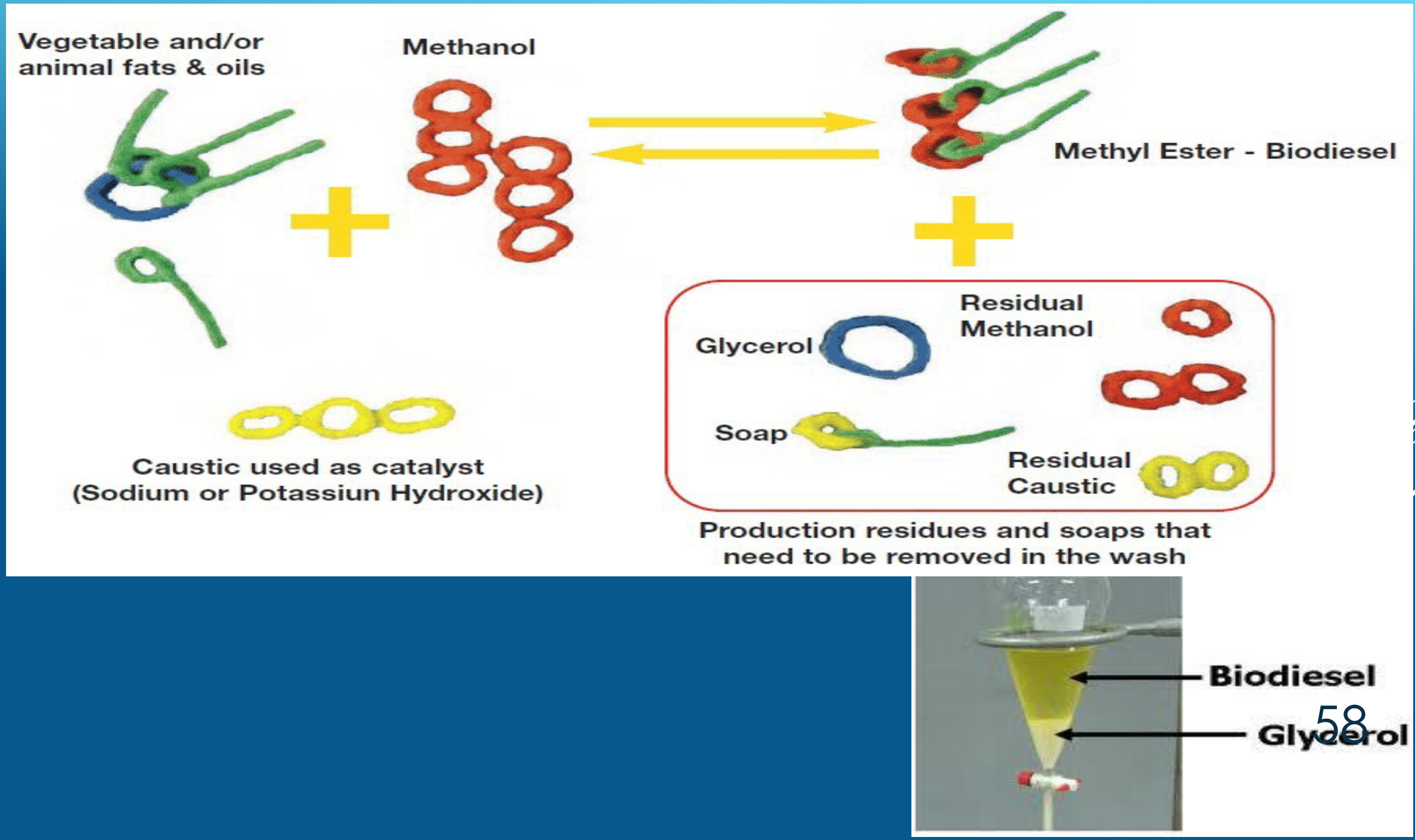
-อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา

-อัตราส่วนระหว่างน้ำมันและแอลกอฮอล์

-ชนิดและความเข้มข้นของสารเร่งปฏิกิริยา

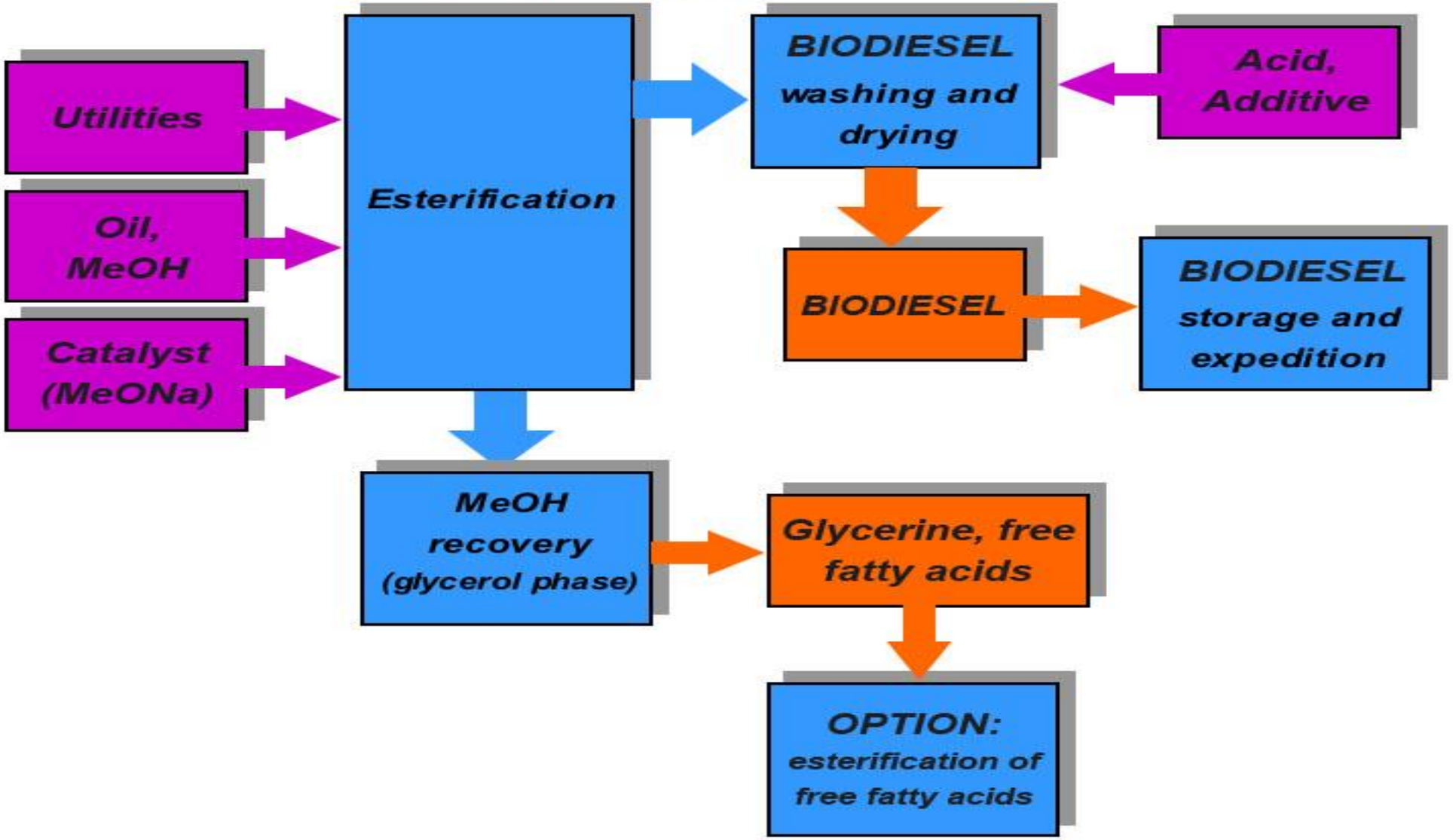
-การผสมสารตั้งต้น

-ความบริสุทธิ์ของสารตั้งต้น


Vegetable and/or
animal fats & oils
Methanol
Methyl Ester - Biodiesel
Caustic used as catalyst
(Sodium or Potassiun Hydroxide)
Glycerol
Residual
Methanol
Soap
Residual
Caustic
Production residues and soaps that
need to be removed in the wash
Biodiesel
Glycerol

Production of BIODIESEL

Block diagram



สถาบันวิจัยวิทยาศาสตรและเทคโนโลยีแหงประเทศไทย

ต้นแบบการผลิตไบโอดีเซล วว.

สถานีบริการ ที่เชียงใหม่