

마요네즈의 粘性에 關한 研究

李 英 燁

全州大學校 家政教育科
(1986년 4월 29일 접수)

Studies on the Viscometric Behavior of Mayonnaise

Yung-Yup Lee

Department of Home Economics, Jeonju University.

(Received, April, 29, 1986)

Abstract

The rheological properties of mayonnaise were studied with cylindrical viscometer. It was observed that mayonnaise showed pseudoplastic behavior, yield stress and time dependent characteristics. In the initial period of shear time, the decay of viscosity of mayonnaise was followed by a second-order kinetic equation.

The influence of temperature on viscosity could be described by Arrhenius equation.

The apparent viscosity of mayonnaise markedly increased with an rise in the concentration of egg yolk; and the emulsion was most stable at the concentration of 12%.

At the concentration of 65~75% oil, the apparent viscosity was increased; the maximum value was reached at 75% oil, and above 75% oil, the remarkable decreased was observed. The size of oil drops was decreased with an increase in oil concentration of 75% oil.

The apparent viscosity of mayonnaise was increased with an rise in water contents, while being decreased with one in the concentration of vinegar.

緒 論

마요네즈는 1756년 프랑스에서 처음 만들어져 오래전부터 企業化된 卵製品으로서 植物性 食用油과 卵黃을 主原料로 만든 乳化狀態의 半固體食品이다. 製品中에 卵黃은 10%前後이므로 組成面에서 보면 油脂製品으로서 卵製品으로 分類하는 것은 타당치 못한 것으로 생각되나 製品의 組織과 風味는 卵黃의 性質에 크게 영향을 받는다.

마요네즈의 品質을 左右하는 데는 色, 風味도 重要하지만 粘度도 官能적으로 판단되는 重要한 品質要素의 하나이다.^{1,2)}

卵黃의 乳化力은 lecitho-protein에 依한 것으

로 報告되고^{3,4)} 있으며 卵黃의 新鮮度가 乳化力에 큰 영향을 미친다. 또한 食用油를 卵黃으로 乳化시키면 점차로 粘性이 增加하여 非 뉴우톤 粘性을 나타낸다. 太田⁵⁾ 등은 기름의 含量이 增加하면 粘性이 높아질 뿐 만 아니라 점차로 剛性率도 增加한다고 報告하였으며, 또한 戶井⁶⁾ 등은 粘性과 기름의 容積分率과의 關係를 押出粘度計로 測定하여 分率이 0.75~0.8이 되면 비약적으로 粘性이 增加한다고 하였다. 기름의 種類는 乳化의 安定성에 큰 영향을 미치지 않으나 기름自體의 粘度가 마요네즈 粘度에 영향을 미치며, 기름을 첨가하는 속도는 마요네즈中의 기름粒子的 크기에 영향을 미쳐 첨가速度가 느릴수록 粒徑이 적

어저 粘度가 높아지는 것으로 報告되었다.

또한 기름의 粒徑은 製造方法에 큰 영향을 받아 Hall과 Halstrom⁷⁾에 依하면 Compromise法이 安定性이나 粘性面에서 가장 良好하다고 報告하였다.

本 研究에서는 良質의 마요네즈를 製造하기 爲해 마요네즈의 流動特性과 溫度 및 各 構成成分의 含量比가 마요네즈의 粘度와 安定性에 미치는 영향을 究明하고자 하였다.

材料 및 方法

1. 實驗材料

마요네즈의 배합비는 各 製造會社에 따라 다르나 本 實驗에서 표준적으로 使用한 配合比는 Table 1과 같다. 試製品을 製造하기 爲하여 설탕, 소금은 市販品을, 사라다油는 D會社 製품을 使用하였다. 달걀은 新鮮한 것을 구입하여 卵黃을 分離하여 使用하였다.

Table 1. Standard fomulation of Mayonnaise.

Ingredients	Contents(%)
Egg Yolk	11.0
Salad oil	74.0
Vinegar	6.0
Sugar	1.5
Salts	2.0
Water	5.5
Total	100%

2. 實驗方法

(1) 試製品의 製造方法

마요네즈 製造方法에는 여러가지가 있으나 本 研究에서의 試製品은 Fig. 1에 表示한 순서에 따라 製造하였다. Fig. 1에 나타난 製造方法은 먼저 割卵하여 卵黃을 分離하고 그 일정량을 혼합기에 넣어서 2分間 beating시켰다. 설탕과 소금을 소량의 물에 녹인것과 첨가할 총 식초의 1/4量을 加하여 3分동안 beating시킨후 사라다유를 8分 동안 서서히 주입하면서 乳化를 시켰고 계속 교반하면서 식초의 3/4量을 천천히 1分동안 加한다.

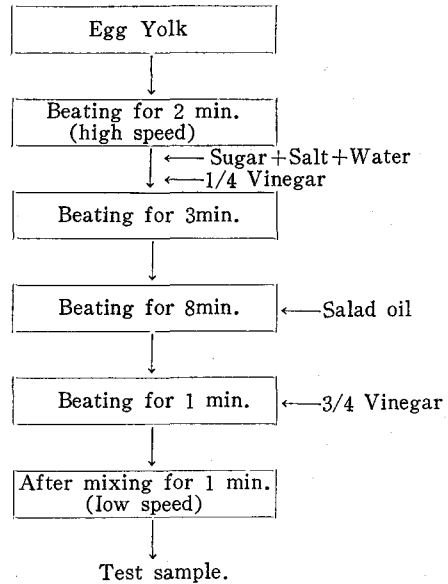


Fig. 1. Manufacturing procedure of mayonnaise in laboratory.

이렇게하여 乳化가 完了된 後에 低速으로 1分間 더 교반해 준 다음 試製品으로 하였다.

(2) 粘度測定

以上の 方法으로 製造한 마요네즈試製品의 粘性은 Viscotester(VT-02型; 高粘度用 Rion Co, LTD)와 Brookfield Viscometer LVT로 測定하였다. Viscotester인 경우에는 No.2와 No.3 Spindle을, Brookfield Viscometer에서 No.4 Spindle을 使用했다. 溫度는 恒溫槽에서 ±1℃ 以內로 조절하였으며 平衡粘度에 도달할 때 까지 時間에 따른 粘度의 變化를 測定했다.

(3) 乳化安定度 試驗

마요네즈의 乳化安定性은 Oshida의 振動遠心法을⁸⁾ 變形하여 rotary shaker와 centrifuge (Kokusankusan H-251 CS)로써 測定하였다.

Fig.2와 같이 마요네즈 50g을 삼각 flask에 밀봉하여 25℃에서 3시간 진탕한 後에 2,000 r.p.m에서 3時間 遠心分離하여 그 上澄液(分離油)을 얻고 遠心分離管의 內面에 부착한 기름을 n-heptane으로 洗滌後 이 洗液을 減壓濃縮하여 n-heptane을 제거하고 남은 순수한 分離油를 稱量하였다.

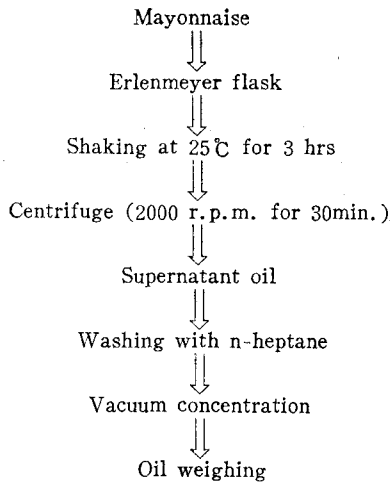


Fig. 2. Emulsifying stability test of mayonnaise.

(4) 試製品의 成分分析

水分은 一般常法,⁹⁾ 단백질은 Kjeldahl法,⁹⁾ 脂肪은 液體抽出法, 即 Majonnier관을 利用한 Röse-Göttlieb法¹⁰⁾으로 還元糖은 Somogyi 變法⁹⁾으로 灰分 및 鹽分 含量은 A·O·A·C法¹⁰⁾에 依해 測定하였다.

結果 및 考察

1. 配合比의 選定

配合比를 選定하기 위해서 먼저 國內外에서 市販되고 있는 6種의 마요네즈를 購入하여 成分分析한 結果 Table 2와 같다. 脂肪含量은 70~82.5%, 水分은 12~22.7%, 食鹽은 1.3~2.3%, 단백질은 0.4~3.4%로 나타났다. 이와 같은 각 마요네즈의 成分分析과 各 構成原料의 分析值를

바탕으로 試料의 配合比를 Table 1과 같이 選定하였다. 이 配合比를 基準으로 만든 試製品의 組成은 Table 2에 함께 나타내었다.

2. 剪斷時間에 따른 粘性의 變化

一定한 剪斷應力에서 3가지 市販 마요네즈와 試製品에 對해 剪斷時間에 따른 粘性의 變化를 測定한 結果는 Fig. 3과 같다. 모든 試料의 粘性은 剪斷時間에 극히 민감하며 初期 2分동안 겉보기 粘度는 급격히 減少하였으며 그 以後에는 완만하게 變하여 5分以後부터는 剪斷時間이 增加하여도 겉보기 粘度는 一定하였다. 따라서 마요네즈는 時間依存性의 thixotropic 洗體로 판단되며 5分에서의 겉보기 粘度는 平衡粘度라 할 수 있다.¹¹⁾

B마요네즈의 初期粘度는 170P, 平衡粘度 148P로서 剪斷時間에 따라 큰 變化를 나타내지 않았으나, C마요네즈의 初期粘度는 190P로 높았으나 平衡粘度 100P로 가장 낮은 값을 나타내었다.

A製品의 初期粘度는 200P로서 本 試製品의 170P에 비해 높았으나 平衡粘度는 거의 비슷한 120P를 나타내었다.

各 製品의 種類에 따라 겉보기 粘度에 差異를 나타내는 것은 原料의 配合比 및 製造方法의 差異에 기인하는 것으로 생각된다.

3. 剪斷速度에 따른 粘性의 變化

Brookfield Viscometer LVT를 使用하여 Spindle의 r.p.m 即 剪斷速度를 變化시키면서 겉보기 粘度의 變化를 測定하여 剪斷時間 5分에서의 平衡 粘度를 Spindle의 回轉速度에 對해 plot한 結果는 Fig. 4와 같다. 결국 마요네즈는 降伏應力을 갖는 時間依存性의 pseudoplastic 流體의 性質을 나타내었다.¹²⁾

Table 2. Compositions of various products

Composition	A	B	C	D	E	F	SAMPLE PRODUCT
Moisture	17.0	22.7	15.0	17.0	16.0	12.0	19.43
Ash	0.81	0.4	1.53	0.7	0.8	0.64	0.35
Sucrose	2.33	1.2	2.1	1.2	1.4	1.6	1.51
Crude protein	2.37	3.4	1.0	0.45	0.4	0.6	1.41
Crude fat	76.0	70.3	79.5	79.0	79.7	82.5	75.3
Salts	1.49	2.3	1.67	1.65	1.4	1.32	2.0

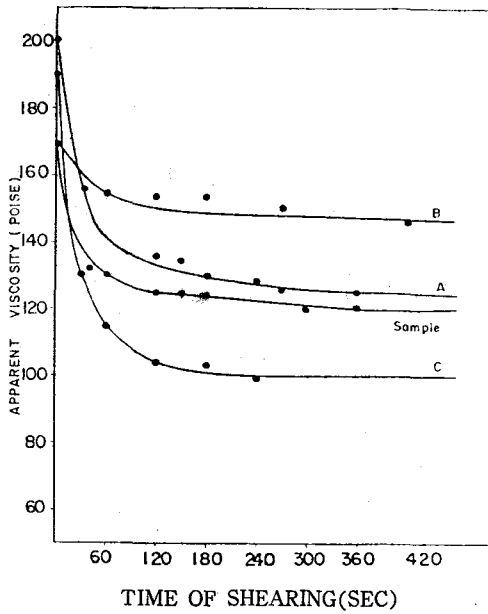


Fig. 3. Viscosity as a function of shear time for various mayonnaise samples (at 20°C)

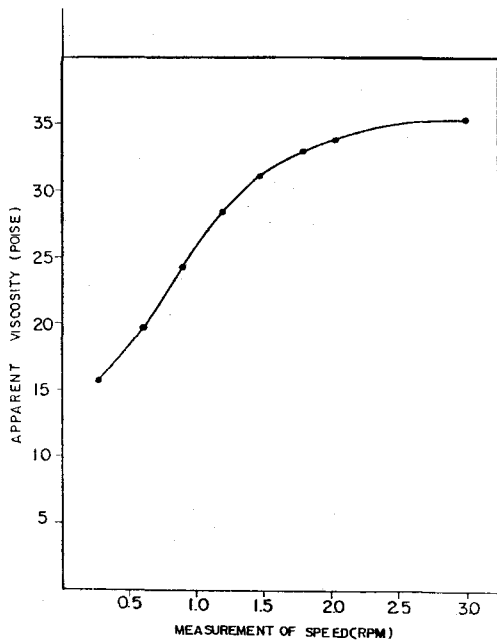


Fig. 4. Effect of shear rate on equilibrium viscosity of mayonnaise.

平衡粘度에 도달한 後 電源을 끄면 Fig. 5에 나타낸 것처럼 粘度는 減少하여 一定한 값에 도달하게 되는데, 이는 잔여應力을 나타낸다. 即 잔여應力은 剪斷速度 0으로 減少시켰을 때 物體 内部에 應力이 남아 있음을 나타내는 것으로 剪斷速度가 增加함에 따라 잔여 應力은 增加하는 傾向을 보였다.

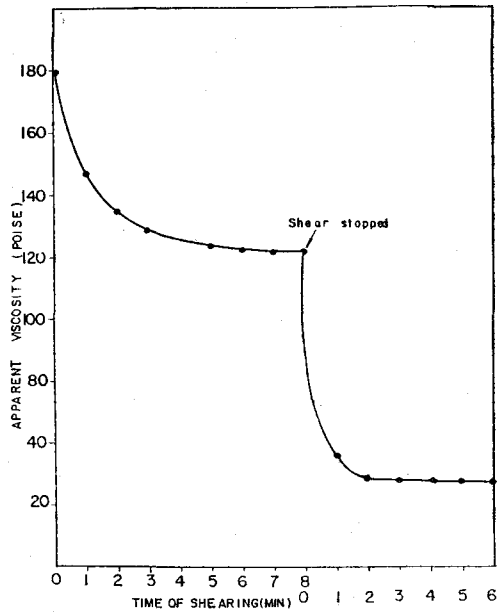


Fig. 5. Apparent viscosity vs shearing time at a constant shear rate.

Tiu와 Boger¹³⁾는 時間依存性을 나타내는 Structural Parameter를 포함하는 (1)식과 같은 마요네즈의 流動方程式을 제안하였다.

$$\tau = \lambda(\tau_0 + K \dot{\gamma}^n) \dots \dots \dots (1)$$

여기서 λ 는 時間依存性의 Structural Parameter로서 剪斷時間이 0일 때는 1이며 平衡에 도달하면 1보다 작은 λ_0 의 값을 갖는다. Structural Parameter는 時間에 따라 2次 反應速度式에 따라 파괴되는 것으로 가정하면

$$\frac{d\lambda}{dt} = -K_1(\lambda - \lambda_0)^2 \dots \dots \dots (2)$$

로 表現할 수 있으며 이와 같은 假定이 妥當하면 粘度-時間의 關係는 (3)式이 成立되어야 한다.

$$\frac{1}{\eta - \eta_e} = \frac{1}{\eta - \eta_e} + a_1 t \dots\dots\dots(3)$$

마요네즈試製品の 경우에 $1/(\eta - \eta_e)$ 을 t 에 對하여 plot한 결과 Fig. 6과 같이 3分까지의 初期 剪斷時間동안에만 直線關係를 나타내었다. 剪斷時間이 長어질수록 $\eta \rightarrow \eta_e$ 에 接近하므로 $1/(\eta - \eta_e)$ 는 急激히 增加하여 無限大로 된다. 따라서 Structural Parameter 또는 粘度는 初期 剪斷時間에만 2次 反應速度式에 따른다고 할 수 있다. 또한 기울기 a_1 은 剪斷速度 即 Spindle의 r.p.m에 따라 變해 0.6 r.p.m인 경우에는 $5.7 \times 10^{-4} \text{cm}^2/\text{dyne} \cdot \text{S}^2$ 이었으나 3 r.p.m에서는 $1.9 \times 10^{-4} \text{cm}^2/\text{dyne} \cdot \text{S}^2$ 이었다.

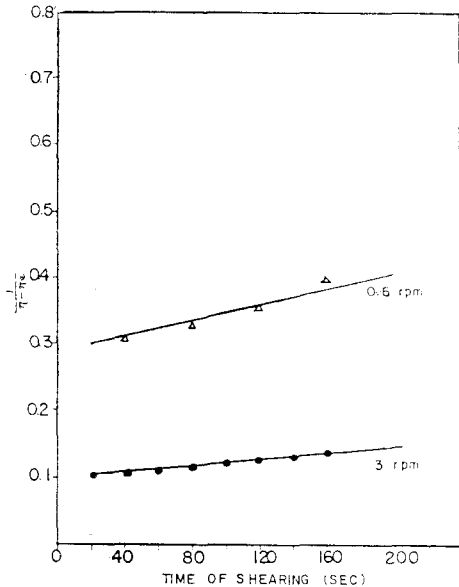


Fig. 6. Linear relationships between $1/(\eta - \eta_e)$ and shearing time.

4. 溫度에 따른 粘性의 變化

4~60℃의 범위에서 溫度에 따른 粘度의 變化를 測定한 結果, 마요네즈의 粘度는 溫度가 增加함에 따라 減少하였고 溫度에 따른 粘度의 變化를 反對數 좌표 plot한 結果 Fig. 7에서와 같이 直線을 나타내었다.¹⁴⁾ 이로 미루어 보아 粘性의 溫度에 依한 영향은 Arrhenius式^{15,16)}으로 나타낼 수 있었다.

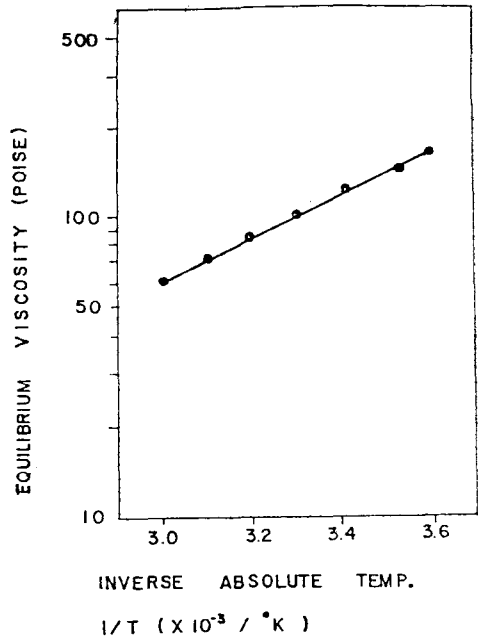


Fig. 7. Changes of viscosity vs inverse absolute temperature

Fig. 7에서 切片과 기울기를 求하면 Arrhenius 式은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\ln \eta = -0.3 \pm 3.527 \times 10^3 \frac{1}{T} \dots\dots(4)$$

$$\text{at } 3.0 < \frac{1}{T} < 3.6$$

60℃以上에서는 단백질의 凝固로 마요네즈의 emulsion이 파괴되어 기름이 分離되었다.

5. 各 成分의 含量에 따른 粘性의 變化

(1) 卵黃 濃度의 영향

卵黃의 乳化作用은 lecithin과 蛋白質의 不安定한 複合物인 lecitho-protein인 것으로 알려져 있으며^{3,4)} 卵黃속에는 約 35% 含有되어 있다. 마요네즈를 製造할 때 卵黃의 配合比는 製品에 따라 異なる 差異를 보여 6~17%의 범위이며 10%內外가 가장 많았다. 卵黃의 配合比가 마요네즈의 粘性和 安定性에 미치는 影響을 검토하기 위해 配合比를 6~16% 범위에서 變化시키면서 粘度和 安定性을 검토한 結果 Fig.8 및 Table 3과 같다.

Table 3. Effect of concentration of egg yolk on the Stability of mayonnaise

Concentration of egg yolk(%)	6	8	10	12	14	16
Separated oil (g)	0.52	0.28	0.21	0.09	0.15	0.22

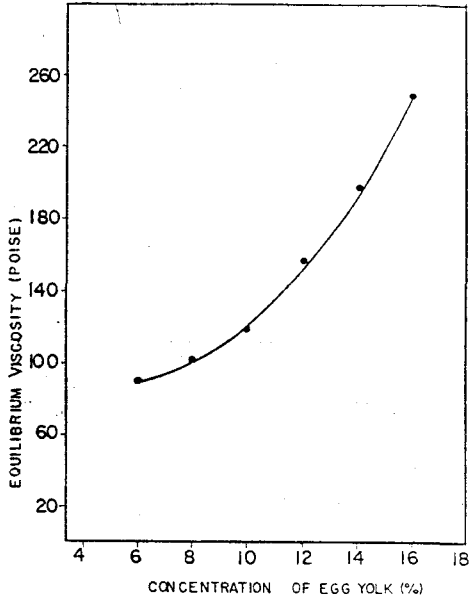


Fig. 8. Effect of concentration of egg yolk on the viscosity of mayonnaise

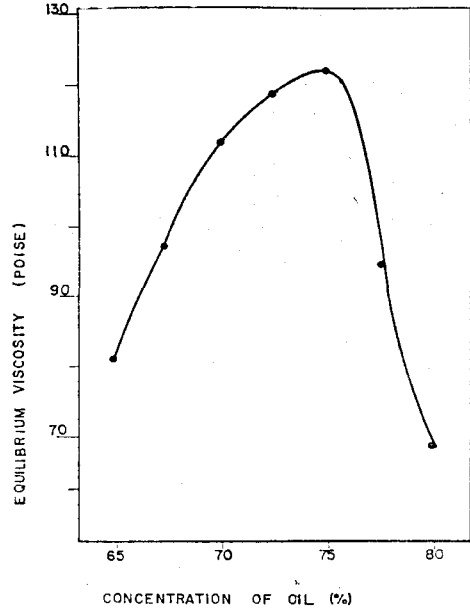


Fig. 9. Effect of concentration of oil on the viscosity of mayonnaise

卵黃의 含量이 增加할수록 粘度와 剛性率이 增加하였으며 마요네즈의 安定性 또한 增加하여 12%일 때가 가장 安定하였으며 그 以上에서는 오히려 약간씩 減少하였다.

(2) oil濃도의 영향

마요네즈는 65% 이상의 粗脂肪을 含有하여야 하는 脂肪含量이 매우 높은 o/w型 emulsion으로서 分散相인 oil의 濃도가 emulsion의 粘性에 가장 큰 영향을 미친다.¹⁷⁾

마요네즈의 規格¹⁸⁾에 의하면 65% 이상의 粗脂肪을 含有해야 하며, 一般의인 配合比의 범위는 65~81%이다. 85% 이상이 되면 乳化가 매우 不安定하여 쉽게 파괴되는 것으로 알려져 있다.

太田, 高山⁵⁾에 의하면 기름含量이 增加하면 粘性이 높게 나타나고 점차 剛性率도 增加한다고 報告하였다. 各 oil의 濃도가 마요네즈의 粘度에 미치는 영향은 Fig. 9에 나타내었다. oil의 濃도

가 60~75%까지 增加함에 따라 粘度는 增加하였으나 75% 以上에서는 현저히 減少하였다.

各 濃도에서의 emulsion狀態를 현미경으로 관찰한 結果 Fig. 11에서 보는 바와 같이 65%에서는 emulsion이 잘 形成되지 않았으며 oil의 含量의 增加할수록 oil粒子的 直徑은 작아졌다. Kanatami와 Ishihara¹⁹⁾는 oil의 容積分率이 0~0.6까지 增加함에 따라 粘度는 直線的으로 增加하나 0.6~0.8사이에서는 急激히 增加하였다고 報告하였다.

그러나 本 實驗에서는 75% 以上에서 오히려 粘度가 현저히 減少하는 現象을 보였는데 이는 最密充填狀態에 對應하는 容積分率이 0.74이기 때문에 Table 4에 나타난 바와 같이 그 以上의 濃도에서는 emulsion狀態가 不安定하기 때문인 것으로 생각된다.

Table 4. Effect of concentration of oil on the Stability of mayonnaise.

Concentration of oil(%)	65	67.5	70	72.5	75	77.5	80
Separate oil (g)	0.641	0.523	0.216	0.17	0.09	0.54	0.782

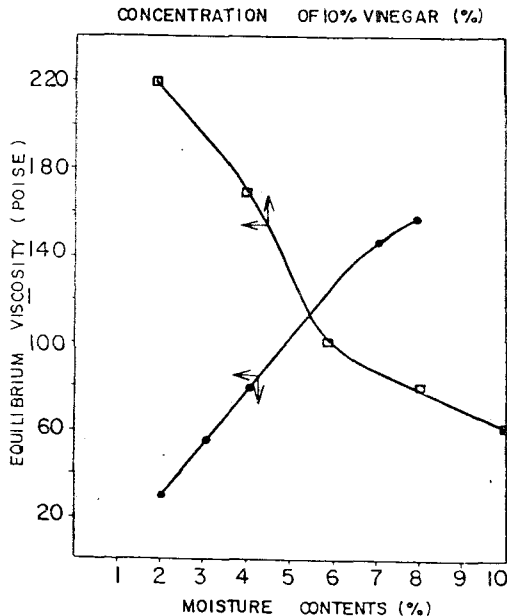


Fig. 10. Effect of concentration of water and on the viscosity of mayonnaise.

(3) 水分 및 食酢濃도의 영향

마요네즈는 o/w型 emulsion이므로 乳化를 할 수 있을 정도의 自由水가 있어야 하나 oil을 첨가하는 출발混合物에 너무 많은 自由水가 있으면 乳化狀態가 不安定하다는 것을 Kilgore²⁰⁾는 特히 강조하였다. 水分의 첨가량을 2~8%까지 增加시키면서 粘度의 變化를 관찰한 結果 Fig.10에서와 같이 水分이 增加함에 따라 점차 커지는 경향을 보였다. 이는 水分이 oil粒자에 表面層을 형성하여 粒자를 보호하여 oil粒자의 응집을 방지하였고 일부의 물은 수소結合을 형성하기 때문인 것으로 생각된다.

한편 식초의 10% 첨가량에 따른 粘度의 變化는 첨가량이 增加할수록 6%까지는 急激히 減少하였고 그 以上에서는 비교적 완만하게 減少하였다. 金谷등²¹⁾은 食酢의 첨가량이 많으면 그만큼 粘度는 低下되며 식초를 첨가할수록 粘度가 減少

하는 것은 分散相인 oil粒자가 응집하여 oil粒자의 크기가 점차 커지기 때문인 것으로 報告되고 있다.²²⁾

要 約

本 研究에서는 마요네즈의 流動特性和 各 成分의 配合比가 粘度에 미치는 影響을 研究, 檢討하였던 바 그 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 마요네즈는 降伏應力을 갖는 時間依存的인 Thixotropic 流體의 舉動을 나타내었다.
2. 剪斷時間의 初期에 마요네즈의 구조는 應力에 의해 2次 速度式에 따라 파괴되었다.
3. 마요네즈 粘度의 溫度依存性은 Arrhenius式으로 나타낼 수 있었으며 試製品에 對해서는 다음의 式이 성립하였다.

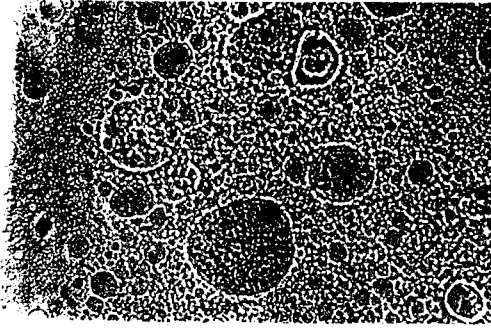
$$\ln \eta = -0.3 + 3.527 \times 10^3 / T$$

4. 卵黃의 濃도가 增加할수록 마요네즈의 粘度는 높게 나타났으나 安定性은 12%에서 가장 높았다.

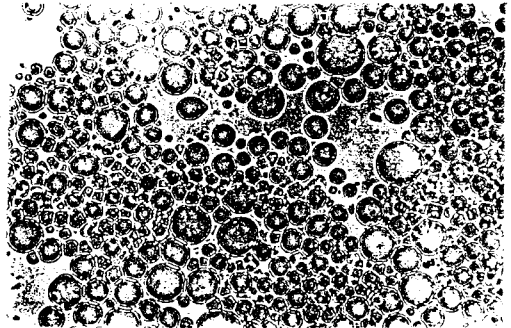
5. oil의 濃도가 65~75% 범위에서는 濃도가 增加함에 따라 마요네즈의 粘度도 높아져 75%에서 최고값을 나타내었으며 그 以上の 濃도에서는 오히려 減少하였다.

한편 현미경 관찰결과 oil濃도가 높을수록 oil粒자의 直徑은 작게 나타났으며 安定性은 75%에서 가장 높았다.

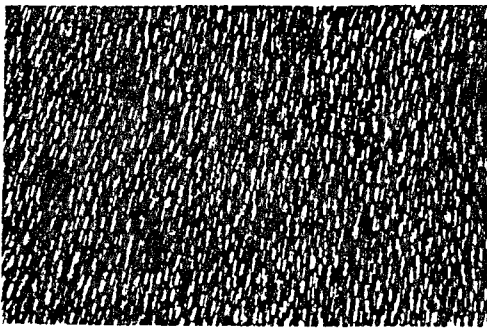
6. 2~8% 범위에서 水分含量이 增加할수록 마요네즈의 粘度가 높아지는 反面에 食酢含量이 增加할수록 粘度는 낮게 나타났다.



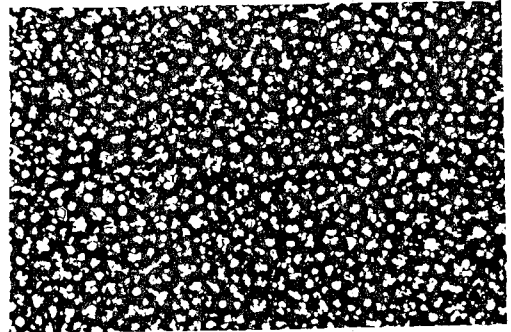
65 % Oil



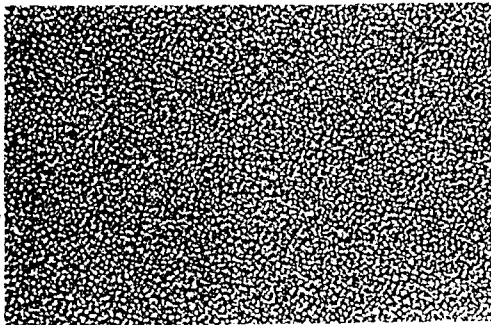
67.5 % Oil



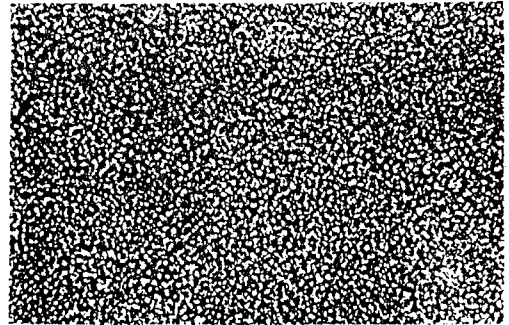
70 % Oil



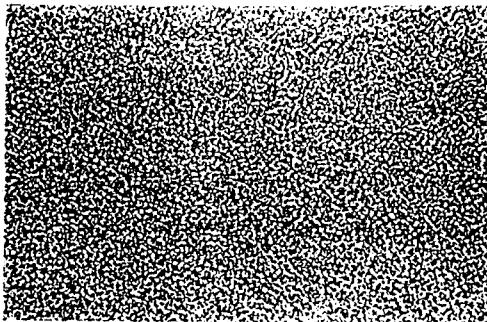
72.5 % Oil



75 % Oil



77.5 % Oil



80 % Oil

Fig. 11. Microscopic photograph of mayonnaise emulsion. ($\times 400$)

參 考 文 獻

1. A.J. Finberg: *Food Eng.*, **27**(2), 83~91 (1955)
2. F. Smith and L.H. Rees: *J. Am. Oil chem. Soc.*, **36**, 217~219 (1959)
3. 野並慶宣, 竹内順子; 日本農化, **35**, 464 (1961)
4. H.M. Snell and A.G. Olsen: *Ind. Eng. chem.*, **27**(10), 1222~1223 (1935)
5. 太田靜行, 高山昭子; 日本家政學誌, **14**, 161~168 (1963)
6. 戶井文一, 太田靜行, 鈴木輝子; 日本家政學誌, **13**, 1~6 (1962)
7. Belle Lowe: "Experimental Cookery", p.266~292 (1955)
John Wiley and sons, Inc., New York.
8. Kazuo Oshida: 日食工誌, **22**(4), 176~179 (1975)
9. 鄭東孝, 張賢基等; "最新食品分析法", p.84~90 (1973)
10. Methods of analysis A.O.A.C. 12th ed., (1975) Washington, D.C. U.S.A.
11. Elizabeth Farkas et al: *Food Tech.*, **21**(49), 535~538 (1967)
12. J.C. Harper: *Food Tech.*, **14**(11), 557~561 (1960)
13. Tiu, C. and Boger, D.V: *J. Texture Studies* **5**, 329 (1974)
14. G.D. Saravacos: *J. Food Sci.*, **35**, 122~125 (1970)
15. T. Gallagher and D.E. Kline: *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **54**(2), 68~70 (1977)
16. Arther V. Tabolsky: *J. App. Phy.* **27**s(7), 673~685 (1956)
17. Paul, P.C. and Palmer, H.H: "Food Theory and Applications" John Wiley & Sons, Inc., New York, p.77~114 (1972)
18. Cora Miller and A.R. Winter: *Food Res.*, **16**(2), 43~49 (1950)
19. Kanatami, A and Ishihara, T.: *Agr. Chem.*, **36**, 928 (1962)
20. Kilgore, L.B.: *Food Ind.* **7**, 299 (1935)
21. 金谷昭子, 石原敏子; 日本農化, **37**(6), 342~345 (1963)
22. *Ibid.*, **36** (11), 928~932 (1962)
23. 芳賀紀之; 日本食品工業, **16**(9), 36~41(1973)
24. Zabik, M.E. and Figa, J.F. *Food Tech.*, **22**, 119~125 (1968)
25. 今井忠平; 日本食品工業, **17**(10), 79~90 (1974)
26. M. Mooney: *J. App. Phy.*, **27**(7), 691~696 (1956)
27. 國府田佳弘, 稻神馨: 日本食品工業, **12** (12), 73~81 (1969)
28. 高桑道郎; 日本食品工業, **15**(10), 54~58(1972)