

# O/W 에멀전 입자의 크기에 미치는 Direct유화법과 Invert유화법의 효과

김철훈 · 박재길 · 황정웅 · 허정림\*  
( 에바스 화장품 기술연구소, \* 건국 대학교 공과 대학 공업화학과 )

## Effect of Direct Emulsification Method and Invert Emulsification Method On Droplet Size of O/W Emulsion

Cheol-Hun Kim, Jae-Kiel Park, Jeong-Wung Hwang, and Jung-Rim Haw\*  
( Research and Development, Evas Cosmetics Co.,Ltd, \*Kon Kuk Univ., )

### 요 약

유화제로 polyoxyethylene(20)sorbitan monostearate, sorbitan sesquioleate을 혼합 사용하고, 분산상으로 liquid paraffin, 연속상으로 deionized water를 원료로 사용하여 Direct유화법을 이용한 전상법과 Invert유화법을 3가지 단계의 제조방법으로 나누어서 O/W에멀전을 제조하였고, 각 단계 전상유화법에서 첨가되는 물의 양에 따른 최종 O/W에멀전의 입자크기변화를 관찰하였다. Direct유화법을 이용한 2단계 전상유화법을 사용하여 제조한 결과, 미세하고 균일한 입자를 갖는 O/W에멀전은 W/O 에서 (W/O)/W 이중에멀전으로의 전환 단계를 거쳐야만 생성됨을 알 수 있었다. Invert유화법을 사용한 3단계전상유화법은 W/O 에서 일종의 Pseudomicroemulsion gel상을 거쳐 미세하고 균일한 O/W유화 입자가 얻어졌다. 3단계 전상법이 2단계 전상법보다 더 미세하고 균일한 입자를 생성하였다. 실험서 사용한 모든 유화법에서 혼합유화제의 HLB가 10.0 - 10.8 영역에서 가장 미세한 에멀전입자가 형성되었다. 이 HLB영역에서 혼합유화제가 용해되어있는 오일상에 첨가되어 가용화되는 물의 양이 최대로 많았으며, 최대 가용화 물량을 갖는 유화제의 조성에서 가장 미세하고 균일한 입자가 얻어졌다.

## 1. 서 론

미세하고 균일한 에멀전 입자를 갖는 O/W 에멀전을 만드는 일은 의약품, 화장품, 식품 등 기타 에멀전을 이용하고 있는 많은 제품의 안정성에 있어서 아주 중요하다. O/W 에멀전을 만드는 방법은 유화제가 함유된 오일상을 물상에 첨가하는 직접유화법(Direct Emulsification)과 유화제가 함유된 오일상에 물을 첨가하는 역상유화법(Invert Emulsification)이 있으나 여러가지 장점 때문에 일반적으로 직접유화법이 많이 사용되고 있다. 그러나 최근에 와서 미세하고 균일한 입자를 얻을 수 있는 전상 유화법이 점차 많이 사용되고 있는 추세이다. 미세한 에멀전을 만드는 방법으로 Lin등[1]등은 비이온 유화제를 함유하고 있는 오일상에 소량의 물을 첨가하여 일종의 W/O형태의 상으로 만든 다음, 이 오일상을 남은 물상에 투입하는 직접유화방법으로 상전환의 효과를 연구하였다. 또한 유화제를 오일에 용해시킨 후 서서히 물을 첨가하여 연속상을 오일에서 물로 역전시키는 역상유화법도 널리 이용되고 있다[2-3]. 이와같이 전상법에 관한 많은 연구가 진행되고 있으나 아직 그 세부적인 메카니즘에 대한 연구는 부족한 형편이다.

일반적으로 에멀전은 그 입자 크기에 따라 매크로에멀전 (Macroemulsion) 과 마이크로에멀전(Microemulsion) 으로 분류하고 있으나, 최근에는 매크로에멀전과 마이크로에멀전 사이의 입자크기를 가진 에멀전을 미니에멀전 (Miniemulsion)을 별도로 분류하는 추세이다. 입자 크기가  $0.1 \mu\text{m}$ 이하인 마이크로에멀전은 최근 여러 분야에서 연구가 되고 있으나 [ 4 ], 화장품 등의 분야에서는 많은 양의 유화제 사용으로 인한 피부자극 같은 여러 문제 때문에 아직 적극 고려 되고 있지 않다. 따라서, 본 실험에서는 저농도의 유화제사용 만으로도 기계적인 유화방법보다 입자크기를 더 작게만들 수 있고, 실제 화장품등에 가장 쉽게 접목 시킬 수 장점을 가진 전상 유화법을 이용하여  $0.1 \mu\text{m}$ 에서  $1 \mu\text{m}$ 사이의 입자를 갖는 미니에멀전을 제조하였다. 또한 여러가지 다양한 제조단계를 가진 역상법을 사용하여 각 제조방법에 의해 최종 생성된 에멀전 입자의 크기 변화를 관찰하였고, 혼합 유화제의 조성에 따른 최종 입자 변화와 각 제조단계에서 오일상에 첨가되는 물의 함량이 최종 에멀전 입자에 미치는 영향을 고찰하였다.

## 2. 실험

### 2. 1. 원료

본 실험에서는 분산상으로 LP #70 (Liquid Paraffin, WIT Co.)을, 연속상으로는 3회 증류한 이온 교환수를 사용하였다. 유화제로는 Tween 60 (Polyoxyethylene (20) Sorbitan monostearate, ICI Co.:HLB=14.9), Arlacel 83 (Sorbitan Sesquioleate, ICI Co.:HLB=3.7)을 더이상의 정제없이 사용하였다.

## 2. 2. 0/W 에멀전의 제조

### 2.2.1. Homo mixer에 의한 0/W 에멀전의 제조(직접유화법)

제조 방법에 따른 유화 입자의 변화를 보기 위하여 혼합 비이온 유화제와 오일을 함유한 분산상을 300ml 비이커에 투입하여 75 °C까지 가온시켜 용해시킨 후 연속상인 수상에 첨가한 뒤에 Homo Mixer (Tokushy Kika M)를 이용하여 10000 rpm으로 10분간 유화시킨다. 유화시킨 후 20 °C의 수조에서 Mechanical Stirrer (한양 산업 기계, SSC - 811 E(A))을 이용하여 200 rpm으로 교반시켜 주면서 30 °C까지 냉각시켜 최종 에멀전을 제조하였다.

### 2.2.2. 전상유화법에 의한 0/W에멀전의 제조

전상유화법을 이용하여 0/W 에멀전을 제조한 실험에서는 혼합된 비이온유화제를 오일상에 용해하여 다음과 같은 3가지 방법으로 나누어 실험 하였다.

1 단계 전상법( One-step phase inversion emulsification method): 75 °C로 가온된 유화제가 혼합된 오일상을 Mechanical Stirrer로 300 rpm의 속도로 교반하면서 75 °C로 가온된 연속상의 물을 계속적으로 천천히 첨가한 다음 10분간 교반후 냉각 한다. 냉각공정은 homo mixer법과 동일하다.

2 단계 전상법( Two-Step Phase inversion emulsification method): 유화제가 혼합된 오일상에 1단계로서 적량의 물을 투입하여 가용화 한후, 2단계로서 소량의 물을 가용화한 유화제가 혼합된 오일상을 연속상에 일시에 첨가하여 10분 교반후 냉각 제조 한다.

3 단계전상법( Three-Step Phase inversion emulsification method):유화제가 혼합된 오일상에 1단계로서 적량의 물을 투입하여 가용화 한후, 2단계로서 일정량의 물을 오일상에 일시 투입한 다음 10분간 교반한다. 3단계로서 연속상을 일시 투입하여 10분 교반후 냉각 제조 한다.

혼합 비이온 유화제의 조성에 따른 영향을 관찰하기 위하여 유화제의 조성을 변화시켜 HLB효과를 관찰하였다. 그리고 2, 3단계 전상법에서 각 단계별로 첨가되는 물의 량을 변화시켜 최종 에멀전 입자 크기에 영향을 미치는 유화제의 가용화 물량의 효과및 3단계 전상법에서 2단계로 첨가되는 물의 효과를

관찰하였다.

## 2. 3. 에멀전의 입자 크기 및 전상점 (Phase Inversion Point) 측정

최종 제조된 에멀전의 입자분포와 크기를 관찰하기 위하여 위상차 광학 현미경 (Phase Contrast Microscopes, OLYMPUS BH - 2)으로 사진을 촬영 하였고, 에멀전 입자들의 응집으로 인하여 정확한 관찰이 곤란한 경우는 증류수로 4배 희석하여 관찰하였다. 현미경의 배율은 1000배로 하였다.

에멀전의 제조시 W/O에서 O/W로 전상되는 점을 측정하기 위하여 전기 전도도계 (MULTI METER HC - 260 TR, 홍창 물산)를 이용하여 물이 계속적으로 첨가함에 따른 전상점을 측정하였다.

## 3. 결과 및 고찰

비이온계면활성제-오일-물(nonionic-surfactant-oil-water:nSOW)로 이루어진 유화에서 W/O에서 O/W로의 상전환은 분산상의 부피변화(catastrophic inversion)나 오일과 물상에 대한 계면활성제의 친화도(affinity) 변화(transitional inversion)에 의해 일어난다[5]. transitional 전환이 일어나는 점에서 계면활성제상이 존재한다. 이 전환점을 "optimum formulation"이라 부르기도한다[6].

에멀전은 계면활성제 미셀(micell)을 함유한 상이 연속상일 때 안정하고 [5], nSOW에서의 상전환은 상거동과 밀접한 관계가 있다. Salager 등은[6] 상거동을 묘사하기 위해 계면활성제 친화도차이(surfactant affinity difference:SAD)라는 용어를 도입했다: SAD+는 Winsor Type I(계면활성제 미셀을 오일상이 함유)과 관련있고, SAD-는 Winsor Type II(계면활성제 미셀을 수상이 함유)와, SAD=0는 Winsor Type III(공동가용화된 물과 오일과 함께 계면활성제 미셀이 3상으로 존재)과 관련되었다[7].

Fig. 1에 전상법에 의해 제조한 에멀전과 Homo Mixer를 이용하여 제조한 최종 O/W 에멀전의 입자 크기를 광학현미경 사진(배율 x 1000)으로 나타내었다. (a)는 Homo Mixer에 의해 제조한 것으로 입자가 상당히 크고 불균일 하였다. (b)와 (d) 에멀전은 1단계 전상법과 3단계 전상법으로 제조한 것으로서, (b)는 단계를 구분하지않고 연속적으로 물을 첨가하여 제조한 것이다. (d)는 각 제조단계를 시간별로 3단계로 나누어 제조한 것으로서 입자크기는 둘다 비슷하나 입자생성수율은 (d)가 조금 좋다. (c) 에멀전은 Lin[1]의 2단계 전상법으로 제조한 것으로서 (b)와 (d)보다는 입자가 크나 (a)유화입자보다 미세

하고 균일한 입자를 얻을수 있었다. Fig. 1에서 나타난 것같이 전상법을 이용하여 제조한 에멀전이 Homo Mixer를 이용하여 제조한 것보다 균일하고 미세한 입자를 생성함을 알 수 있다. (b)와 (d)는 전상법을 연속적으로 제조한 것과 단계적으로 나누어 제조한 것인데, 본 실험에서는 유사한 결과가 나왔으나 어떤 다른 유화제의 조성이나 종류에 따라서는 (d)방법이 (b) 보다 더 미세하고 균일한 효과를 얻을수 있음이 알려져 있다[ 2 ]. (c)와 (d)의 유화공정 차이는 Fig.2에서 처럼 (c)의 공정은 전환 중간단계에서 이중유화(double emulsion)가 형성되는 것으로 최종 에멀전이 상전환에 의해 형성된다. 이 이중유화는 여러 연구논문에서 다중에멀전(Multiple emulsion)이라고 알려져있다 [8-10]. (d)유화에서는 Fig.2의 (b)처럼 광학현미경으로 관찰하기 힘들 정도의 작은입자를 가진 pseudomicroemulsion의 생성과정을 거쳐 최종 에멀전이 생성된다. 이 유사마이크로에멀전은 SAD=0일 때 만들어지는 Winsor type III 과 관련이있다. 즉 오일과 물이 모두 continuous한 구조를 갖는 마이크로에멀전 상으로서 oleic microemulsion  $M_o$ , aqueous microemulsion  $M_w$ , surfactant phase  $M_s$ 로 되었다. SAD+에서 SAD=0 를 지나 SAD-로의 transitional전환은 다음과 같이 Type III을 거쳐 일어난다.  $W/O_o - W/M_o - (O+W)/M_s - O/M_w - O/W_w$  [5]. 하첨자  $m$ 은 미셀이 함유된 상을 표시한다.

광학현미경과 에멀전의 외관관찰의 결과 3단계전상법으로 에멀전을 제조시 어느일정농도의 범위에서 유사마이크로에멀전상이 형성됨을 알 수 있다. 이것은 오일과 비이온성유화제, 물의 복합작용으로 어떤 각각 원료의 특정 조성에서 발생한다고 생각된다.2단계 전상법은 catastrophic 전환이 주로 발생되고 3 단계 전상법에서는 투입되는 물의 특정 조성범위내에서 transitional 전환이 일어난다고 생각된다.

Fig. 3에 3단계 전상법으로 제조시 유화제의 HLB 값 변화에 따른 최종 O/W 에멀전 입자의 크기 변화를 광학 현미경 (배율 x 1000)으로 나타내었고, Fig. 4에 유화제의 가용화 한계에 미치는 HLB의 영향과 최종 O/W 에멀전 입자의 크기 변화를 나타내었다. Fig. 3에서는 HLB 10.0의 유화제 조성을 가진 에멀전이 가장 미세하고 균일한 에멀전입자를 갖는것을 알 수 있다. 가용화 한계와 전상점을 측정하기 위해 물을 한방울씩 유화제가 분산된 오일상에 첨가한 결과 Fig. 4 에서처럼 현탁된 오일상이 물이 첨가됨에 따라 투명 해지다가 가용화 한계점을 초과하였을때 현탁되었으며 이 점에서 전기 전도도 값도 측정되었다. Fig. 3은 HLB 10정도 값을 갖는 유화제를 사용했을때 가장 에멀전 입자가 작고 균일하고 안정한 에멀전을 형성 하는 것을 보여준다. 이는 Liquid Paraffin Oil의 요구HLB 값이 10.0 인것을 의미하기도 하고[ 11],SAD=0인 지점의 혼합유화제의 HLB가 10.0정도 되는 것을 의미한다. 이 결과는 Brooks등의 연구논문에서의 SAD=0 line 을 구하는 mapping procedure에서 SAD=0을 나타내는 점의 HLB 값과 유사한 결과이다[5]. SAD=0 선은 최소 계면장력이 발생하는곳으로 매우

작은 에멀전입자와 균일한 크기의 입자를 생성하는 가장 좋은 condition이다.

Fig. 5는 물이 오일상에 한방울 씩 첨가됨에 따른 전도도 변화를 측정한 것인데 W/O 에서 (W/O)/W로 전상되는 점의 물의 양이 약 1.6%정도 임을 나타내고 약 5 - 8%정도에서 완전히 O/W로 전상됨을 보여준다.

Fig. 6은 2단계 전상법에서 1단계에서 첨가되는 물의 양이 최종 O/W 에멀전 입자의 크기에 미치는 영향을 나타낸것으로서 모두 동일한 처방임에도 불구하고 최초에 첨가한 물의 양에 따라 입자의 크기가 현저히 다른것을 보여준다. 이 그래프에서 약 1.6 - 3%의 물을 먼저 오일상에 첨가 했을때 입자의 크기가 가장 작은 안정한 유화를 형성하는 것을 보여 준다. 특이할만한 점은 1.6 - 3%범위에서의 전기 전도도를 측정 했을때 약 1.6%에서 전기 전도도값이 측정되기 시작 했다는 점이다. 이것은 이 유화제의 가용화 한계점이 약 1.6% 임을 나타내고, 이 점에서 W/O에서 (W/O)/W로 전환되기 시작한다고 생각된다. 1.6 - 3.0%의 범위에서의 전도도값은 물보다 낮은 값을 나타내고 계속적으로 물이 첨가됨에 따라 전도도값은 조금씩 높아지다가 약 5%정도의 물량에서 물의 값과 유사한 값을 나타낸다. 즉 5%정도에서 (W/O)/W에서 O/W로 완전 전환 되었음을 나타낸 것이라고 생각된다. 또한 매우 소량의 물이 오일상에 최초로 첨가된 경우, 즉 전체 물 양의 약 0.5%를 먼저 첨가 했을때도 (A), 약 8%의 물이 첨가 되었을때와 (C) 마찬가지로 매우 불안정하고 곧 분리되는 매우 불안정하고 입자가 큰 유화가 형성 된다. 물의 양이 한계점을 초과 하여 첨가 되었을때, 즉 (B)을 초과 할때는 최초에 형성되는 W/O 유화가 매우 불안정하여 물을 쉽게 빼앗기기 때문에 상 전환에 의한 유화를 형성하지 못한다. 따라서 불안정한 유화입자가 생성된다. 전상 효과를 얻기 위해서는 수상으로 이주하는 속도가 빠른 친수성 유화제와 최초의 W/O 유화를 어느정도 견고하게 만들고 쉽게 (W/O)/W로 전환될수 있는 친유성 유화제의 조합이 필요하다고 생각된다. Fig. 6에서 나타난 것 같이 2단계전상법으로 에멀전을 만들시, 전상 효과를 얻기 위해서는 W/O에서 (W/O)/W로 상 전환이 필수적이다. 최초에 첨가되는 물의 양이 1.6 - 3.0%내의 범위에서만 전환 효과를 얻을 수 있었다. 3단계 전상법에서는 2단계 에서 첨가되는 물 양에 따라 어느정도 입자의 크기가 달라지는 결과가 나타났다.

Fig. 7는 Fig. 6의 A, B 그리고 C점에서의 입자 변화를 광학 현미경 사진으로 나타낸 결과이다. 그림에서 나타난 것처럼 A와 C점에서는 유사한 입자 형태를 보인다.

Fig. 8은 최초로 첨가되는 물의 양을 2%로 고정하고 2단계에서 일시에 첨가되는 물의양에 따른 효과를 보기 위해, 3단계 전상법으로 제조한 O/W 에멀전의 입자크기 변화를 나타낸 것이다. 역시 동일한 처방 임에도 불구하고 두번째에 첨가된 물의 양에 따라 입자 크기가 차이가 남을 보여주고, 5 - 17%의 영역에서 미세하고 균일한 입자를 갖는 에멀전을 얻을수 있음을 알 수 있었다.

10 - 12%의 영역에서는 최대 점성을 보였다가 점점 물량이 늘어남에 따라 점성이 약해 졌다. 이것은 5-17%의 물의 농도에서 유사마이크로gel상이 형성됨을 의미한다. Fig. 8에서 처럼 두번째에 첨가되는 물의 양에 따라 입자가 달라짐을 알 수 있었고 그 물량을 조절함으로써 최종 O/W 에멀전 입자의 크기를 변화시킬 수 있었다.

Fig. 9은 Fig. 8의 A, B와 C점에서의 입자를 광학 현미경 사진으로 나타낸 것이다. Fig. 7과는 달리 A와 C의 입자 크기차이가 많이 남을 알 수 있다. 따라서 2단계 전상법 보다는 3단계 전상법을 이용하면 최종 에멀전의 입자 크기를 조절할 수가 있다고 판단되고, 2단계전상법보다 3단계전상법이 더욱 많은 입자생성수율과 더 미세한 입자를 얻을 수 있었다.

#### 4. 결 론

비이온 유화제로 polyoxyethylene (20) sorbitan monostearate, sorbitan sesquioleate, 오일상으로 liquid Paraffin, 연속상으로 deionized water를 사용하여 O/W 에멀전을 제조하였으며, 제조방법은 전상 유화법을 이용하여 1, 2, 3단계의 3가지 방법으로 제조하여 각 전환과정을 살펴보고, 또한 각 단계 별로 첨가되는 물이 최종 O/W 에멀전 입자에 미치는 영향을 고찰한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. Homo Mixer를 사용하여 얻어진 O/W 에멀전 입자보다 전상 유화법을 이용하여 제조한 O/W 에멀전의 입자가 미세하고 균일함을 알 수 있었고, 2단계 전상 유화법에 의해 얻어진 미세하고 균일한 입자를 갖는 O/W 에멀전은 W/O에서 (W/O)/W 이중에멀전으로의 중간전환단계를 거쳐야만 얻을 수 있었다. 2단계 전상유화법보다 유사마이크로젤상이 형성되는 3단계전상유화법이 더욱더 미세하고 균일한 입자를 얻는다는 것을 알 수 있었다.

2. 전상 유화법을 이용하여 제조한 미세하고 균일한 입자를 갖는 O/W 에멀전은 혼합 비이온 유화제의 HLB가 10.0 - 10.8의 영역에서 얻어졌으며, 이 HLB 범위에서 최대로 가용화되는 물량을 갖고 있음을 알 수 있었다. 즉 오일상에 혼합된 유화제가 물을 최대한 많이 가용화 할수록 더욱 미세한 입자를 가진 O/W 에멀전이 얻어졌다.

3. 2단계 전상 유화법에서 최초로 첨가된 물의 양이 1.6 - 3.0%의 영역에 해당될때 미세한 입자를 갖는 O/W 에멀전이 형성 되었으며 이 범위보다 작거나 큰 양을 첨가시 매우 불안정하고 큰 입자를 가진 에멀전이 얻어졌다. 3단계 전상 유화법에서는 2단계에서 일시에 첨가되는 물의 양이 5 - 17%의 영역에서 미세하고 균일한 입자를 갖는 유사마이크로에멀전gel이 형성 됨을 알 수 있었고,

이 물의 양을 조절함에 따라 최종입자 크기가 다른 에멀전을 얻을 수 있었다.

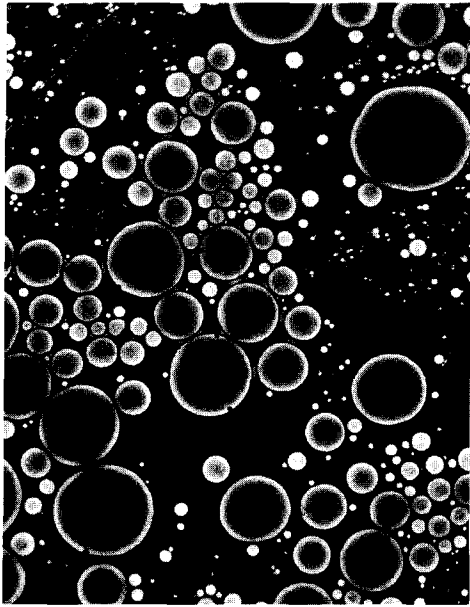
### Abstract

O/W emulsions with mixed nonionic surfactants (polyoxyethylene(20)sorbitan monostearate/sorbitan sesquioleate), liquid paraffin, water prepared by direct inversion emulsification method and continuous inversion emulsification Method. The one-step, two-step and three-step phase inversion emulsification method were used in experiments. Effect of added water on droplet size of final O/W emulsions which is prepared by phase inversion emulsification method were investigated. In direct inversion emulsification method (two-step emulsification method), fine and homogeneous droplets of O/W emulsions were formed after phase inversion steps i.e., W/O - (W/O)/W double emulsion - O/W emulsion. In continuous inversion emulsification method (three-step emulsification method), fine and homogeneous O/W emulsion were formed after phase inversion steps i.e., W/O - pseudomicroemulsion - O/W. By latter method, more fine and homogeneous droplets were formed than former method. 10-10.8 HLB region of mixed non-ionic surfactants could produce most fine droplets. This HLB region had maximum values of solubilization water and This HLB value of mixed nonionic surfactants produced fine and homogeneous droplets.

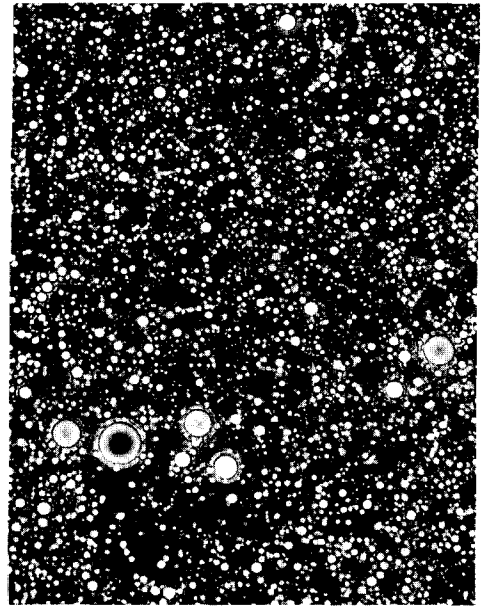


## 참고 문헌

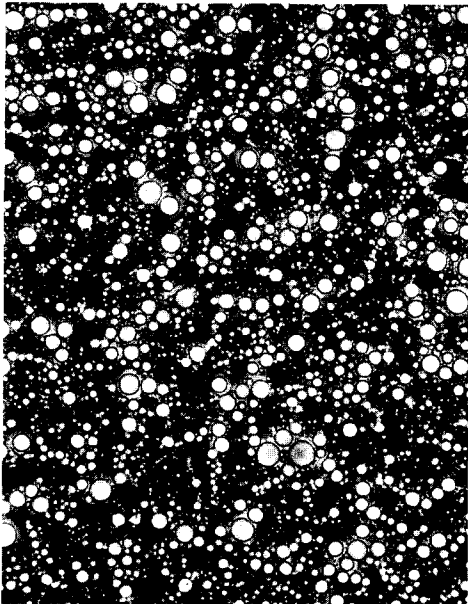
1. T.J.Lin, H.Kurihara., H.Ohta, J.Soc. Cosmet.Chem., 26, 121 (1975)
2. 이호식, 김점식, J.Korea Ind & Eng.Chem., 491 (1993)
3. H.Sagitani, J Am Oil Chem. Soc., 58, 738 (1981)
4. 鷲谷廣道, 日本化學會誌, 10, 1399 (1983)
5. Brooks, B.W., and Richmond, H.N., J.Colloid Interface Sci., 162, 59 (1993)
6. alager, J.L., IN "Encyclopedia of Emulsion Technology" (P.Becher, Ed.), 3 .NewYork (1988)
7. P.A.Winsor, Trans.Faraday Soc. 44, 376(1948)
8. S.Bader and F.Brunetta, Cosmetics & Toiletries, 101(1986)
9. Stig Friberg, J.Soc.Cosmet.chem., 30, 39(1979).
10. Gillain M.Eccleston, J.Soc.Cosmet.Chem., 41, 1(1990).
11. 산업응용기술연구소, "계면활성제 합성및 최신응용기술", 36(1992).



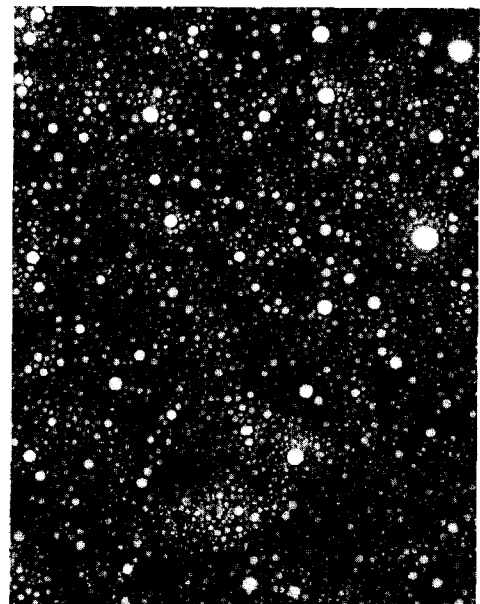
**A**



**B**



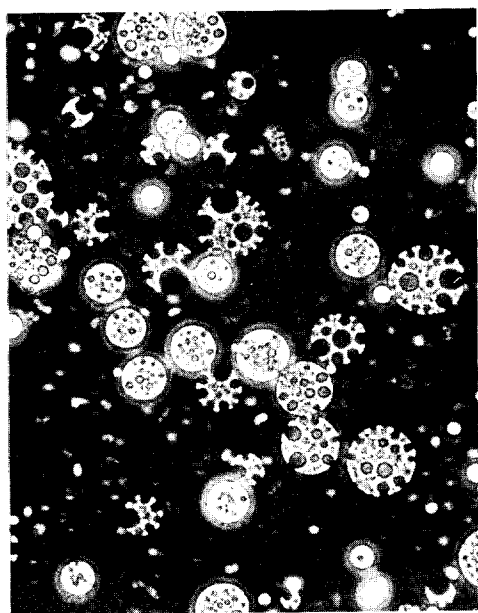
**C**



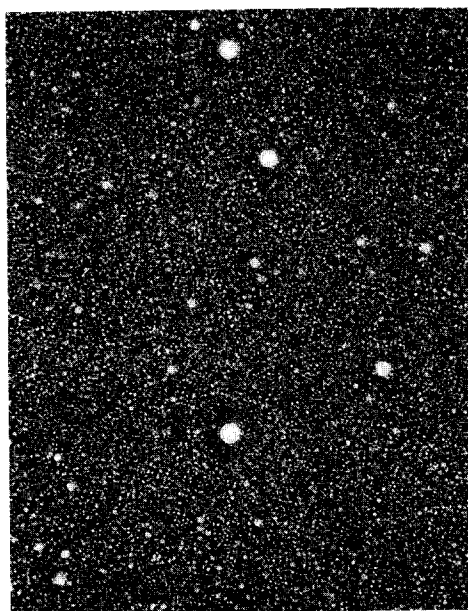
**D**

Fig. 1. Effect of emulsification methods on the droplet size of O/W emulsions.  
(emulsion contains 28% LP#70, 4% Tween-60/Arlacel-83, 68% water)

- (a) emulsified by homomixer
- (b) emulsified by one-step phase inversion emulsification method
- (c) emulsified by two-step phase inversion emulsification method
- (d) emulsified by three-step phase inversion emulsification method

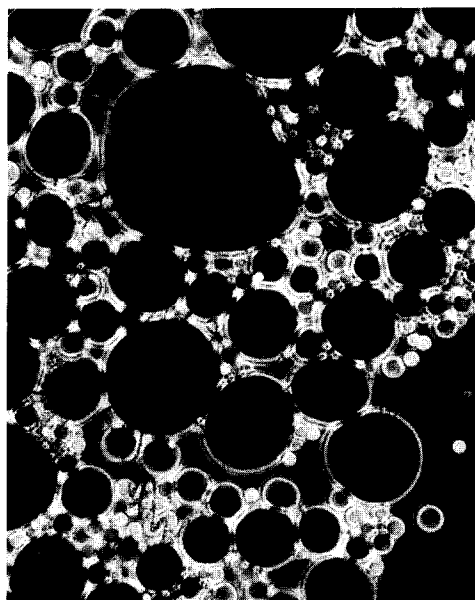


**A**

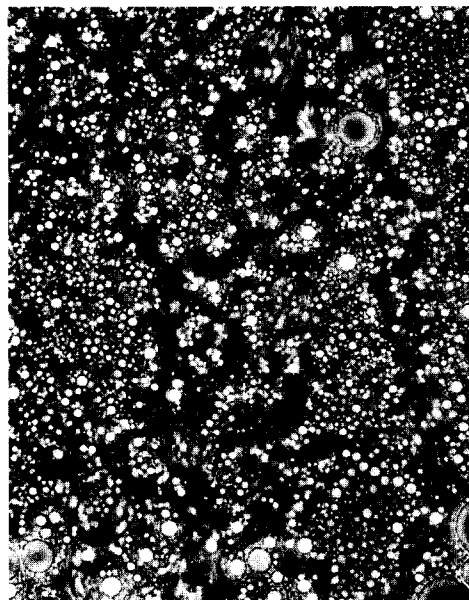


**B**

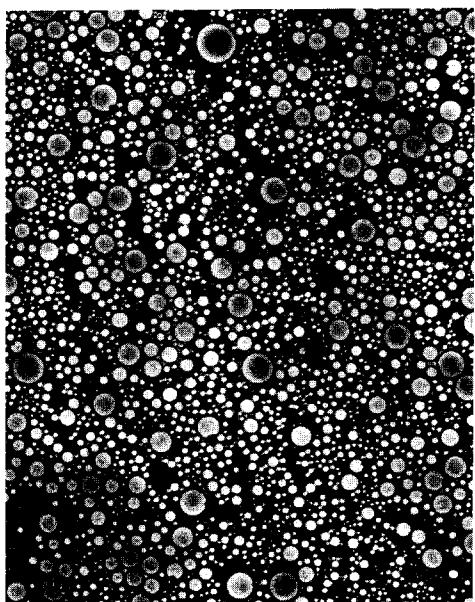
Fig.2. Microphotographs a (W/O)/W type double emulsion(a) in two-step phase inversion emulsification and pseudomicroemulsion(b) in three-step phase inversion emulsification.



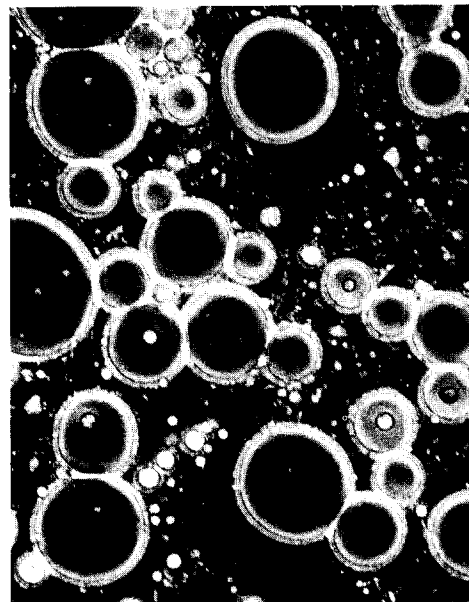
HLB 8.5



HLB 10.0



HLB 11.0



HLB 12.5

Fig.3. Effect of HLB value on the droplet size of O/W emulsions prepared by the phase inversion emulsification method(emulsion contain 4% Tween-60/Arlacel-83, 28% LP#70, 68% water)

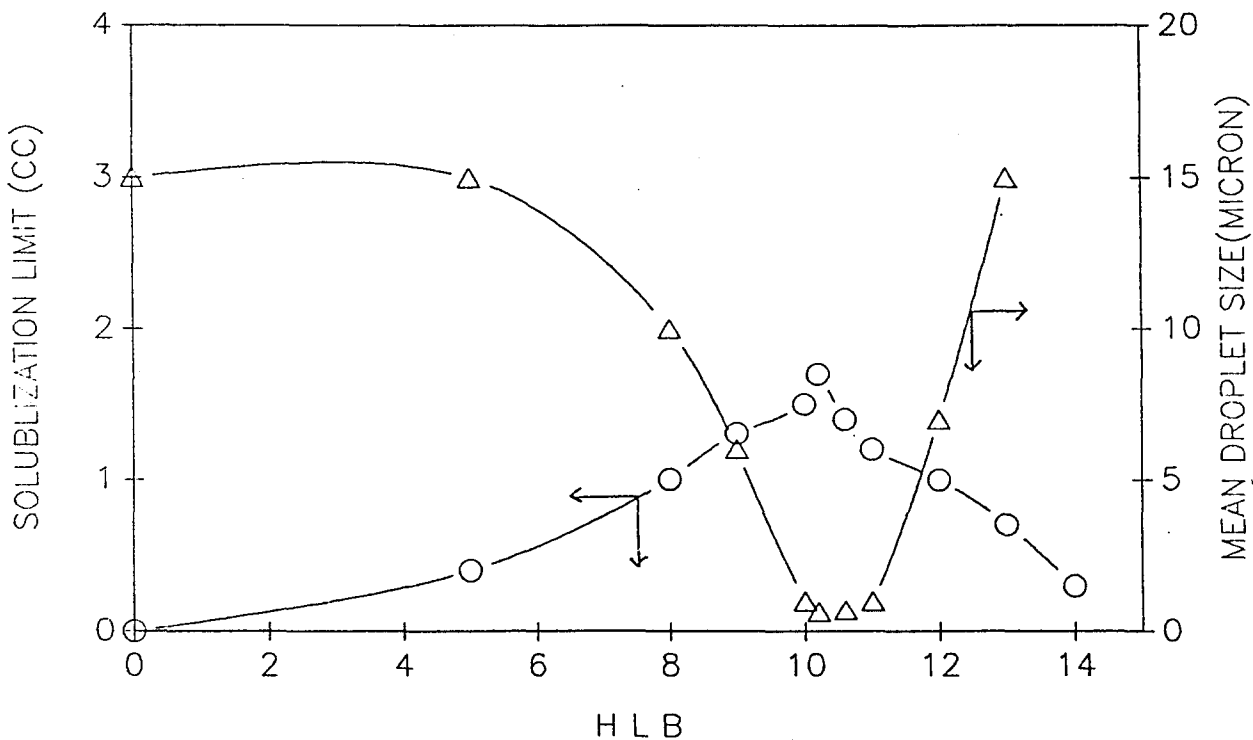


Fig. 4. Effect of surfactant HLB on solubilization limit and average droplet size of O/W emulsions prepared by the phase inversion emulsification method(emulsion contain 28% LP#70, 4%Tween-60/Arlacel-83, 68% water)

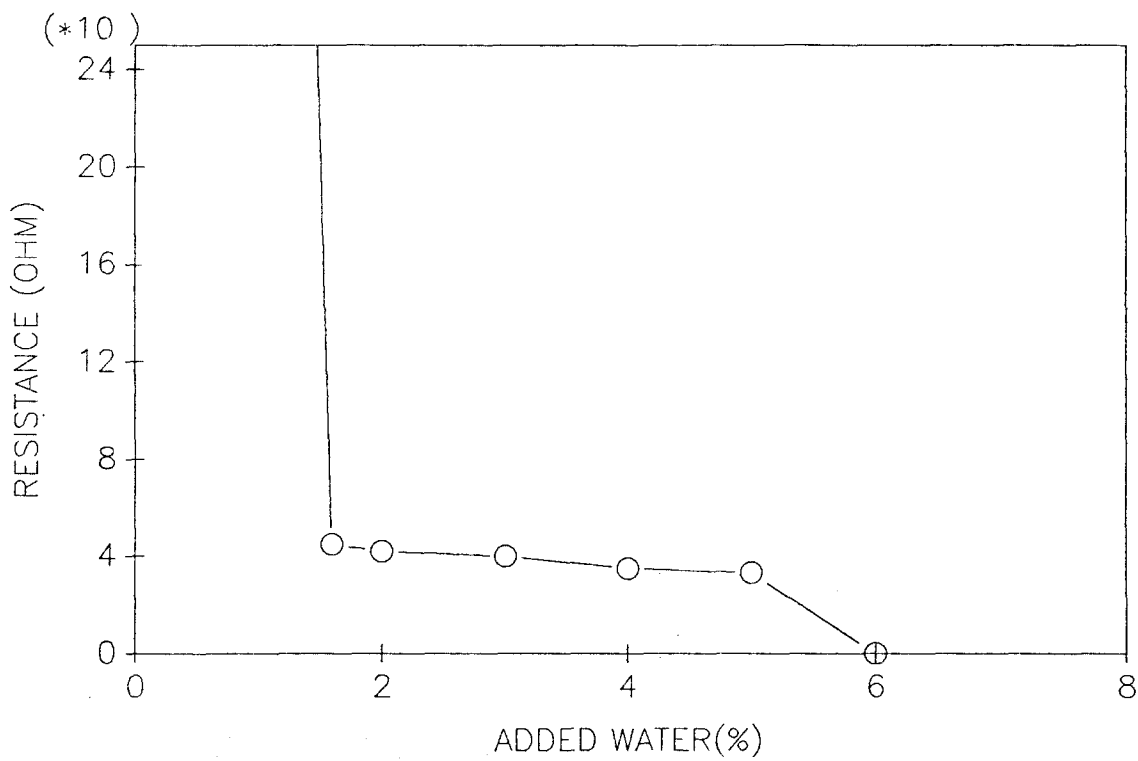


Fig. 5. Electrical resistance measurements against added water in one -step phase inversion emulsification(emulsion contain 28% LP#70, 4% Tween-60/Arlacel-83, 68% water).

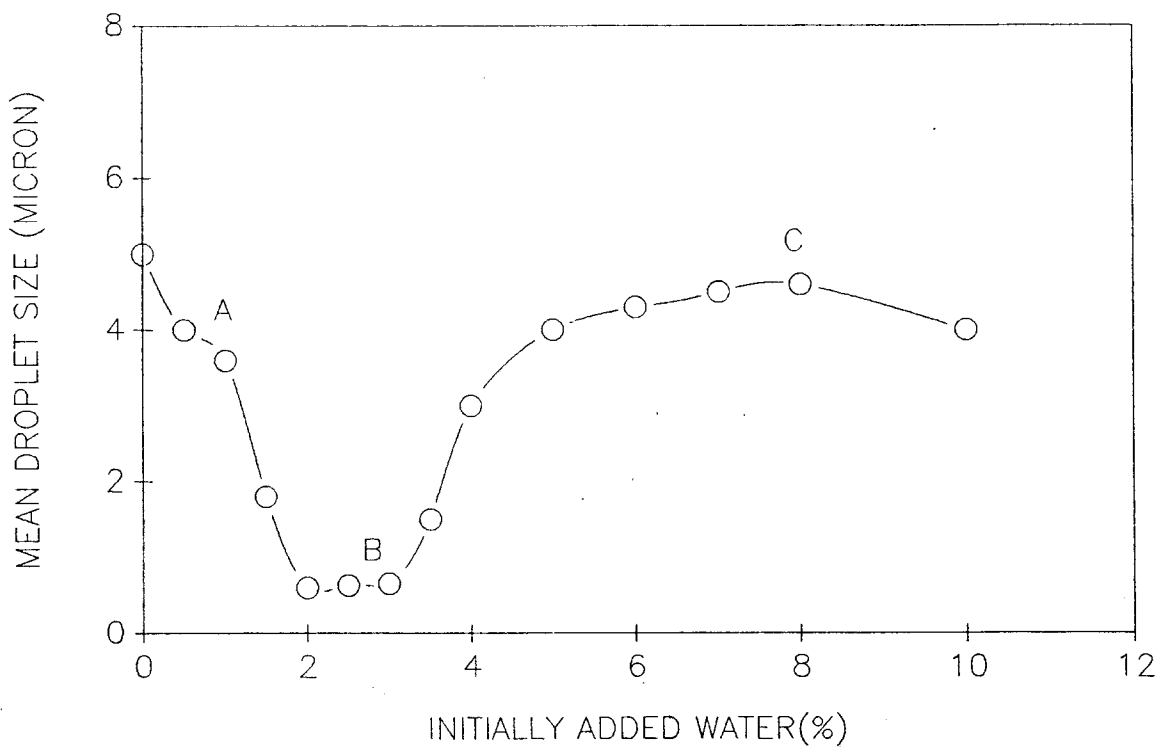
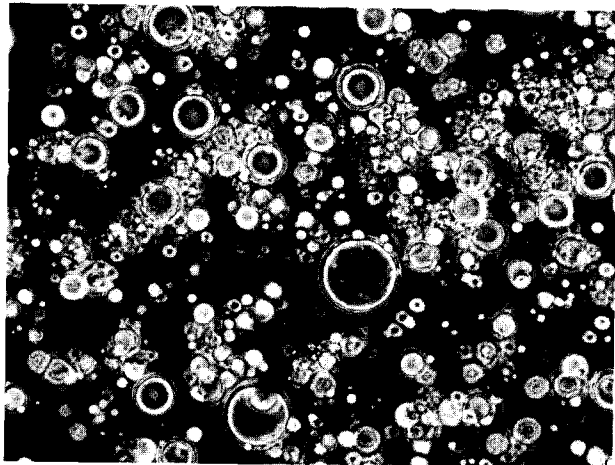
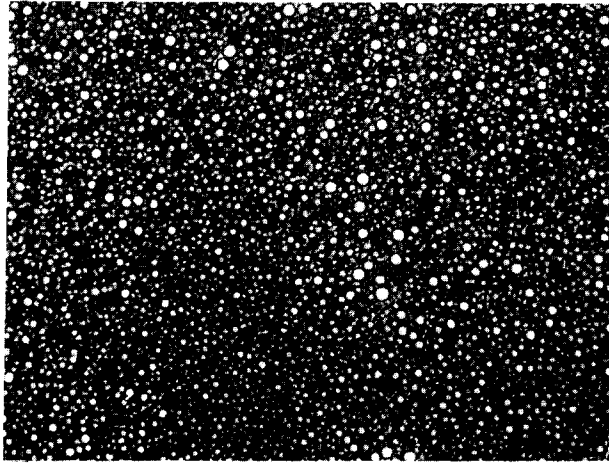


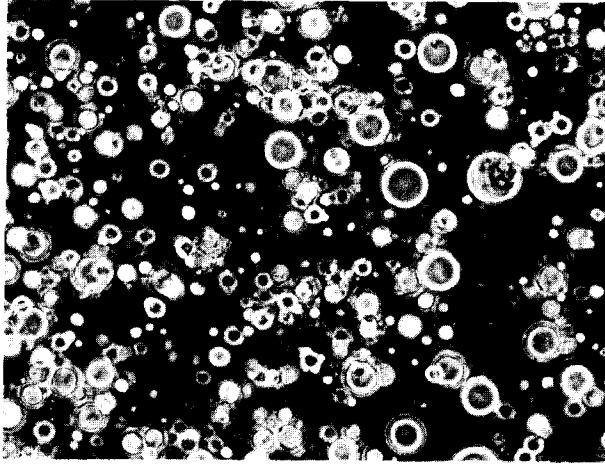
Fig. 6. Effect of initial added water on droplet size of final O/W emulsion prepared by two-step phase inversion emulsification method(emulsion contain 28% LP#70, 4% Tween-60/Arlacel-83, 68% water)



**A**



**B**



**C**

Fig. 7. Microphotographs of O/W emulsions prepared at point A, B and C in fig. 6.



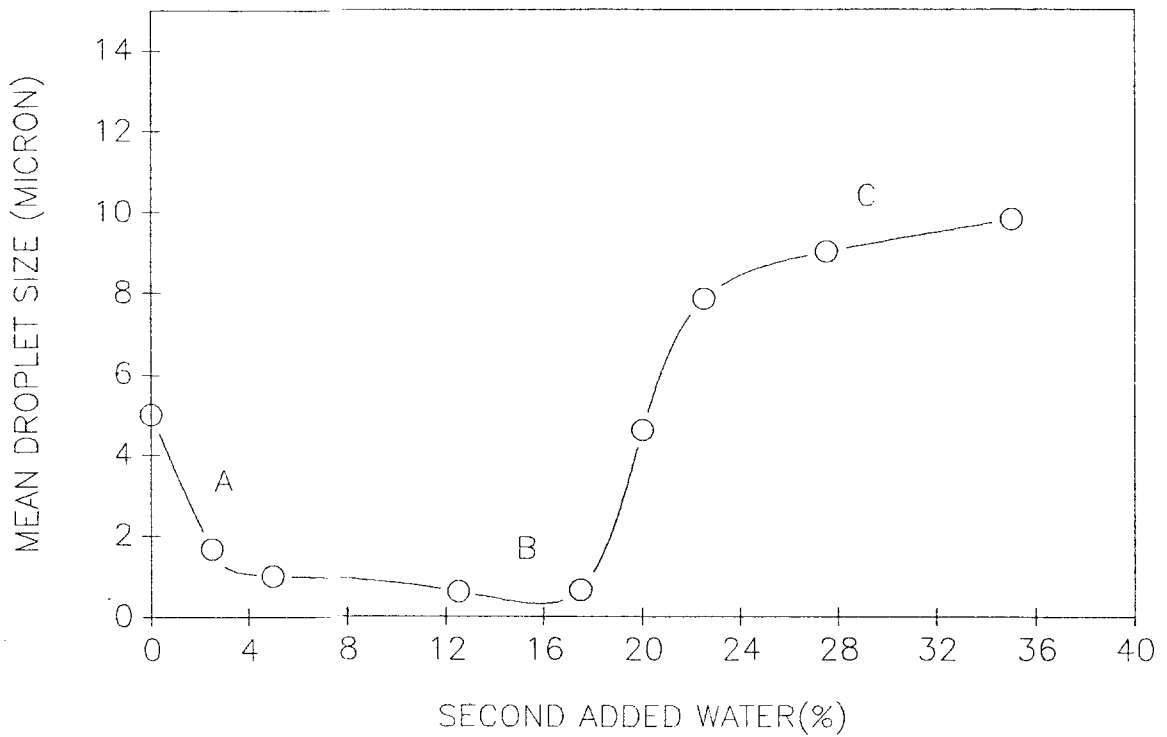
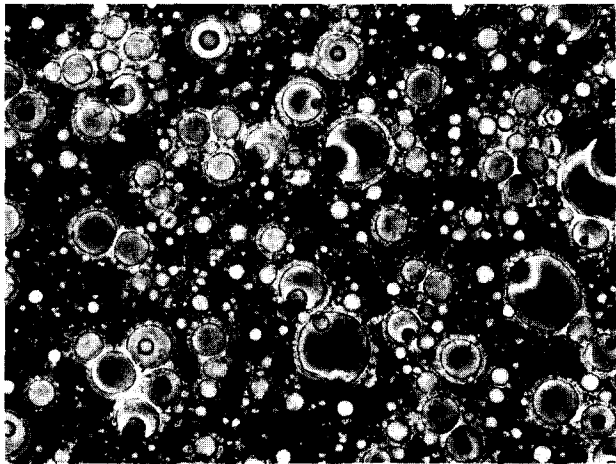
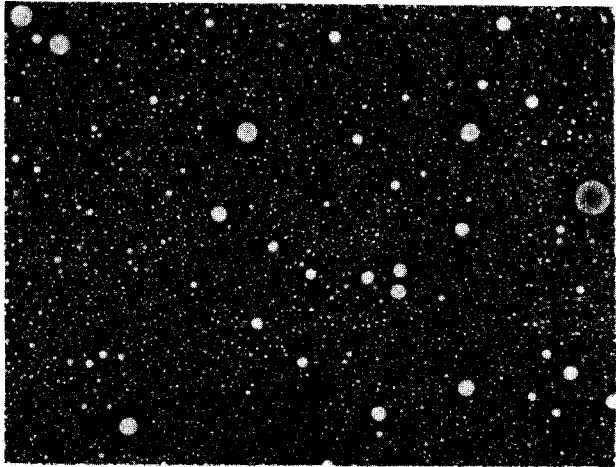


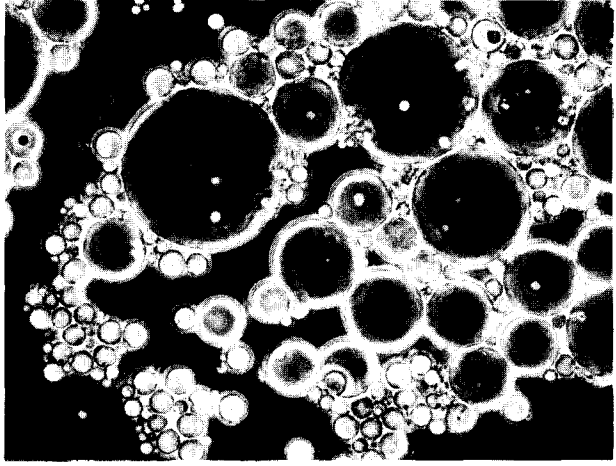
Fig. 8. Effect of Secend Added Water on Droplet Size of Final O/W Emulsion prepared by three-step phase inversion emulsification(emulsion contain 28% LP#70, 4% Tween-60/Arlacel-83, 68% water)



**A**



**B**



**C**

Fig. 9. Microphotographs of O/W emulsion Prepared at point A, B and C in Fig. 8.