

연구개발 지상강좌<83>

베시클 - 8

리포솜은 고정된 것이 아닌 움직이는 물체이다. 리포솜 지질들의 배열 및 배향에서의 변화, 상전이, 리포솜 융합, 삼투압적 수축과 팽윤, 리포솜 내 지질과 기체의 교환 등은 모두 다양한 시간규모(timescale)로 일어나는 동역학적 과정들이다.

리포솜 전체에서 개별 지질들의 분자운동은 상당히 다양하다. 꼬임(kink) 형성 외에도 회전 및 단편운동, 측면확산 그리고 2중층이 하나의 계면에서 다른 계면으로의 가로질러 가



김 영 대

〈공학박사·(주)비타코스대표〉

올아민과 포스파티딜콜린 리포솜에서는 이들 지질들의 상전이 온도 이하에서 장축을 따라 일어나는 지질 회전의 효과적 최대 상관시간은 10~4초임이 밝혀졌다. 효과적인 상관시간은 포스파티딜콜린 리포솜에서 열에 의한 사전전이에

리포솜의 분자 동역학 I

는 운동(flip-flop) 등이 알려져 있다. 이러한 현상들에 대한 상당한 정보가 핵자기공명(nmr) 및 Raman 분광측정 등으로 얻어지고 차수 변수의 향으로 표현될 수 있다.

인지질의 분자들은 축을 따라 회전하든지 또는 리포솜 평면에 수직으로 회전할 수 있다. 그러나 오직 후자의 회전만이 잘 될 수 있는데 그 이유는 지질이 머리를 수용성상에 유지시키고 탄화수소 쇄를 2중층 내에 유지시키기 때문이다. 회전의 상관시간은 리포솜의 상전이에 의존한다. 포화전이 전자스핀공명(esr) 분광기를 이용하면 다층 포스파티딜에탄

해당되는 온도에서 일어나며 회전에서 상관시간의 신속한 증가는 포스파티딜에탄올아민 리포솜에 대해 주요 전이 온도에서 일어나는 것으로 알려져 있다.

단편운동과 따라서 생기는 분자 질서교란은 극성지질 머리로부터 멀리 움직일수록 증가한다. 지질들은 그들의 극성 끝부분이 리포솜 계면에 걸려 있는 형태를 취하고 있다. 이리하여 개개 쇄의 운동은 끝메틸기로 향하여 움직임에 따라 덜 제약을 받으며 이 거동은 차수변수에 반영된다. 단편운동에 대한 시간규모는 10~8과 10~4초 사이이다.

연구개발 지상강좌<84>

베시클(Vesicles) - 9



김 영 대

〈공학박사·(주)비타코스대표〉

리포솜의 비대칭성의 유지에는 내부와 외부의 단분자 층간의 분자 횡단운동이 느린 과정임이 요구된다.

사실 지질, 콜레스테롤, 그리고 기체의 횡단운동은 리포솜의 투과 성질에 영향을 미치지 않으면서 며칠의 시간 규모로 일어난다. 그러나 단백질의 존재 하에서는 횡단운동 속도는 급격하게 증가한다.

예를 들면, 포스포리파제에 의해 단일층 포스파티딜콜린 리포솜의 외부에서 형성된 포스파티딘산은 30~40분의 반

마이신 또는 칼슘 이온투과담체의 존재 하에서 2단계 과정으로 융합한다.

첫 단계에서는 칼슘이온이 600Å의 평균 직경을 가진 리포솜의 외부에 결합하며 이로 인한 전하중화는 중간크기(~1200Å의 직경)의 리포솜의 형성에 필요한 동인력을 제공

리포솜의 분자 동역학 II

감기로서 내부 단일층으로 이전한다.

리포솜-리포솜 융합은 본질적으로 흥미있는 일이며 물질을 직접 세포 속으로 유도할 수 있는 기회를 제공한다. 리포솜은 자발적으로는 좀처럼 융합하지 않는다. 음으로 하전된 리포솜의 융합은 2가 금속이온과 n-알킬브로마이드와 같은 중성의 물질에 의해 유발될 수 있다.

칼슘이 유도한 리포솜 융합의 자세한 사항이 이온투과담체의 존재 하에서 조사됐는데 단일 층의 대두인지질 리포솜은 칼슘이온과 그리고 비닐로

한다. 둘째 단계에서 이온투과담체가 칼슘이온의 리포솜의 내부로로의 투과를 조정해주는데 이것이 다시 보다 큰(~1700 Å의 직경) 리포솜의 형성도 모해준다.

중성분자와 지질은 쉽게 리포솜간을 이동하는데 리포솜간 이들의 교환 속도는 해당 계와 아울러 리포솜의 상전이 온도에 의존한다. 디팔미토일포스파티딜콜린-디미리스토일포스파티딜콜린 리포솜의 지질교환 속도상수는 상전이 온도 이상인 50°C에서 $(1-3) \times 10^6 \text{ m}^{-1} \text{ sec}^{-1}$ 이며 반면 20°C에서는 지질 교환이 없다.