

초청강연 논문 8

기능성 축산식품 생산을 위한
Micro Encapsulation 기술의 활용

기능성 축산식품 생산을 위한 Microencapsulation 기술의 활용

김윤지, 윤철석

한국식품개발연구원 축산물이용팀

1. 서론

고부가 가치의 기능성 축산식품 생산을 위하여 미세피복기술(microencapsulation)의 활용은 여러 분야 즉 식품, 사료 소재원 개발로서 앞으로도 많은 가능성을 줄 수 있는 분야라고 사료된다. 일반적으로 식품 산업 분야에서 활용되는 면은 식품의 가공 조리 등에서 손실되기 쉬운 영양소 또는 첨가물의 기능을 최대한 보존하여 가공식품의 질적향상, 영양생리적 활성도를 증가시키는 것이다. 현재 식품분야에서는 주로 비타민, 무기질, flavoring agent를 피복하여 다른 영양소와의 길항작용을 방지하고 원하지 않는 냄새, 맛을 masking할 수 있으며 소장에서 직접 흡수되게 하므로써 생산되는 가공식품의 이화학적, 영양적 품질을 향상시킬 수 있고, 섭취시 생이용성 개선 등의 효과로 생리적 기능을 증진할 수 있다.

사료분야에서는 면역기능 증진 및 성장촉진에 관여하는 무기질을 피복하여 사용할 수 있는데 철분, 구리, 아연 등이 대표적이다. 또한 특정 지방산의 함량이 높은 지방사료 또는 탄수화물사료를 피복하여 고급육 생산을 위하여 intramuscular fat의 함량 및 지방산 조성을 바꾸는 연구도 시도되고 있다. 국내 축산업이 안고 있는 문제점인 사료원료를 대부분 수입에 의존하고 있는 실정하에 국내에서 생산되는 축산물의 경쟁력을 높이는 방안으로서 고품질의 축산물을 생산하는 것이 바람직하다고 사료되는데, 미세피복기술은 고품질의 축산물 생산을 위하여 그 활용범위가 매우 높은 기술로 인정되어 지금까지 한국식품개발연구원에서 실시된 연구를 요약하여 소개하고자 한다.

2. 미세피복기술의 식품, 사료 소재원 개발에

(1) 철분강화 요구르트 생산을 위한 미세피복기술 활용

우유의 철분함량은 매우 미미하여 우유의 영양적 가치를 제고할 때 가장 큰 문제점으로 대두 된다. 우유가 철분 생이용성에 미치는 영향에 대한 논쟁은 오랫동안 지속되었는데 다른 동물성 단백질원과 비교해 부정적인 효과가 있는 것으로 알려져 있다. 우유를 주식으로 하는 유아나 어린이들의 철분영양 개선을 위한 방안으로 식품학자들은 철분강화 유제품에 대한 연구를 1950년대부터 시작하였다. 연구의 대부분은 철분염 종류에 따른 제품의 품질변화와 생이용성 평가 연구가 많았는데 철분강화 제품에서 가장 큰 문제점은 철분 첨가로 인한 색변화, 지방산패 축진이 대표적이라고 볼 수 있다.

우유는 거의 모든 영양소를 상당량 함유하고 있지만 철분은 매우 적은 양 함유되어 있어서 우유를 주로 섭취하는 유아들은 철분 결핍의 우려가 상당히 높다. 성장기 어린이들에게도 우유 및 유제품은 여러 가지 영양소를 공급하기에 좋은 식품이지만 두뇌 발달, 성장, 활동성 등에 중요한 철분의 결핍은 단점이라고 할 수 있다. 따라서 적당한 양의 철분강화는 우유 및 유제품의 영양학적 품질을 향상시키는 관점에서 중요하다고 본다. 철분을 강화할 때는 철분이 갖는 화학적 특성으로 그 어느 영양소보다 제품의 품질 변화에 크게 영향을 미치는 물론 생이용도 측면에서도 크게 주의를 필요로 한다. 철분은 transition metal로서 ferrous와 ferric상태로 전환되면서 식품에 첨가할 경우 지방산패를 촉진하여 색의 변화와 이취를 유발할 수 있으며 지방산화 결과로 인체에 해로운 성분들이 생성될 수도 있다. 일반적으로 철분강화제품에는 염형태의 제품이 그대로 사용되고 있는데 이와 같은 경우 품질변화와 낮은 생이용도를 유발할 수 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 본 연구에서는 미세피복기술을 도입하여 장용성 피복제로 철분을 coating하여 요거트제품에 첨가한 다음 저장 중 품질 변화를 평가하였다. 장용성 피복제는 pH가 5.5-6.0 정도에서 피복제가 용해되어 철분이 흡수되는 십이지장에서 철분을 용출하므로써 생이용도를 높일 수 있고, 요거트 제품의 pH가 5 이하이므로 첨가시 철분으로 인한 품질 변화를 낮출 수 있다고 사료된다.

미세피복기술은 첨가된 철분으로 인한 제품의 품질변화와 생이용성을 증진시키기 위해 사용할 수 있는 것으로 사료되어 미세피복 철분 제조 기술을 확립하고 제조된 미세피복 철분을 요구르트에 첨가하여 이화학적 품질을 평가하였다.

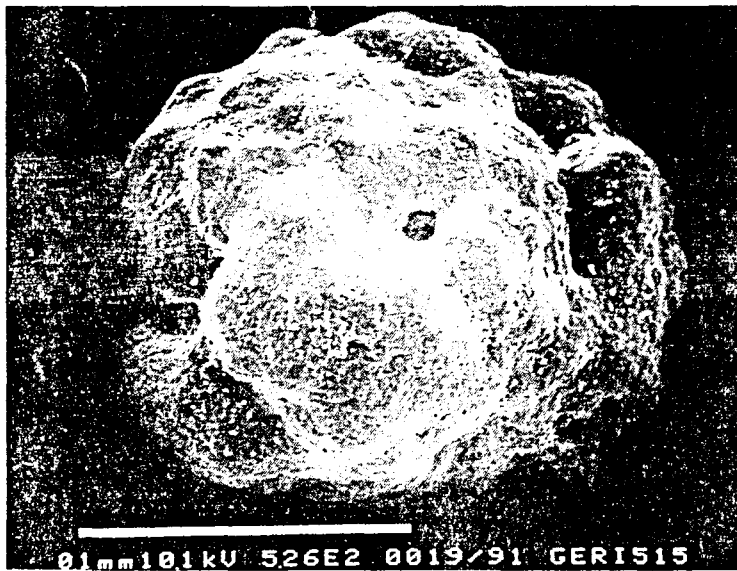
전지분유를 사용하여 yogurt를 제조한 다음 uncoated ferrous sulfate, ethyl cellulose coated ferrous sulfate, Eudragit L100-55 coated ferrous sulfate(Fig. 1)를 첨가한 다음 저장 중 품질변화를 살펴본 결과 uncoated ferrous sulfate를 첨가한 경우 pH와 산도, 생균수, 색택 변화에서 대조구에 비해 낮은 품질을 보였으며, Eudragit L100-55로 코팅된 제재를 사용하였을 때 대조구와 비교해 다른 비교구보다 품질 변화가 적었으며, ethyl cellulose coated ferrous sulfate은 uncoated ferrous sulfate보다는 품질변화가 적었다. pH, 산도, 생균수, 색택의 변화를 종합해 볼 때 비교구 중에서 Eudragit L100-55로 coating한 것이 가장 품질 변화가 적었다.

(2) 피복 칼슘을 이용한 계란의 난각 두께 강화기술 개발

양계산업에 있어서 난각질 불량은 경제적인 손실을 유발하는 하나의 중요한 요인으로 우리나라의 경우 매년 계란 생산량의 약 10% 이상이 산란에서 소비자에 이르는 과정에서 파란으로 인한 손실이 있다고 한다. 난각의 90-95%가 CaCO_3 이고 shell에 침착되는 Ca은 60-75%가 사료로 공급되므로, 사료내 칼슘 함량이 우선 중요하지만 사료내 Ca함량이 부족하여 난각질이 저하되는 경우는 거의 없다. 일반적으로 첫 번째 달 및 마지막 2개월 동안에 soft-shelled egg가 많이 발생하며, 이외에도 여러 가지 요소 즉 닭의 나이, 환경요인, 영양적 요소 등이 있다. 산란계는 산란주령이 증가함에 따라 체내 calcium retention 능력이 저하되므로 따라서 shell thickness가 약해지며, 사육온도 증가시도 사



(a)



(b)

Fig 1. Scanning Electron Micrographs of (a) Uncoated ferrous sulfate (b) Coated ferrous sulfate

료섭취량 감소로 calcium섭취량 감소 및 과도한 호흡에 의한 산-염기의 균형이 깨어져 난각질의 미세구조에 이상을 초래하여 계란품질이 저하되기도 한다. 이것은 적정 사육온도를 넘을 때 땀샘이 발달하지 못한 닭은 체온유지를 위하여 헐떡거림(panting)이 증가하여 CO₂ 손실이 많아져 산-염기 균형이 변하고, 정상적인 산란을 위하여 필요한 무기질이 고갈되는 호흡성 알칼리 중독 현상에 의한다고 한다. Egg shell의 형성은 약 21h이 소요되는데, 처음 5h 정도는 calcium 축적 속도가 느리고 나머지 16h 동안에 주로 일어난다. Calcium 3.5% 사료급여시 소장내 calcium 농도를 보면 오전 6시에는 5.08%로 낮고 오후 8시에는 8.4%으로 큰 차이가 있다. 따라서 오전 6시- 오후 8시를 light time이라고 하면 14h이 낮이다. 이때 오후 8시에 egg를 낳은 닭은 12시간이 낮이고 4시간이 dark time이다(calcification이 16시간에 걸쳐 일어날 때). 반면 오전 6시에 알을 낳은 닭은 6시간이 light time 이고 10시간이 dark time 즉 shell 형성 기간이다. 오후 8시에 알을 낳은 닭은 2배의 light time을 가지게되며, light time 증가시 더 많은 calcium에 대한 access time을 가지게 된다. 이러한 현상을 근거로 calcium 원료로써 굴껍질, 입자가 큰 석회석 등을 1/3-2/3 수준에서 CaCO₃와 대체하여 공급할 때 난각질이 향상되었는데 이것은 입자 상태의 Ca-source는 오랫동안 근위에 머물러 보다 오랫동안 Ca를 공급하기 때문이라고 본다. 이와 같은 문제를 개선하기 위하여 Ca이 slow-release 되도록 석회석을 가공하므로써 난각질의 질을 더 한층 향상시키기 위하여 미세피복기술을 이용하였다.

본 연구에서는 석회석을 크기별로 분류한 다음 UniGlatt Fluid Bed Coater(Glatt Co., Germany)를 사용하여 장용성 피복제인 ethyl cellulose(EC), cellulose acetate phthalate(CAP), shellac, hydroxypropyl methylcellulose phthalate(HPMCP) 및 shellac+EC(20:80)을 석회석 granule 및 powder에 피복하였다. 피복된 granule 및 powder는 전자현미경으로 표면을 관찰하여 피복상태를 확인한 다음 동물실험에 사료 첨가물로서 사용하였다. 60주령의 산란계(Dekalb Brown)를 각 처리구당 30수씩 임의로 배치하여 실험사료를 급여하면서 생산되는 계란의 난각질을 평가하였다. 실험사료는 시판 중인 양계사료의 석회석 사용량 8% 중 4%를 다른 석회석으로 대체하여 급여하였다. 난각질 판정 항목으로는 egg weight, shell weight, shell %, specific gravity, breaking strength, shell weight per unit of surface area(SWUSA), specific strength of shell 및 calcium content of shell이었다. Table 1은 coating material별로 egg quality를 살펴본 결과로서 egg weight는 CAP, EC 처리구가 유의성있게 향상된 것으로 나타났으며, shell weight는 CAP 및 EC에서, shell %와 breaking strength는 HPMCP 처리구에서 향상되었으며 난각 두께가 0.395mm 이상인 계란의 생산 비율도 HPMCP구에서 유의한 증가 현상을 나타냈다. 따라서 석회석 입자를 HPMCP, CAP, EC 등으로 피복하였을 때 난각 두께 0.395mm 이상의 계란 생산 비율에서 뚜렷한 효과가 관찰되었다.

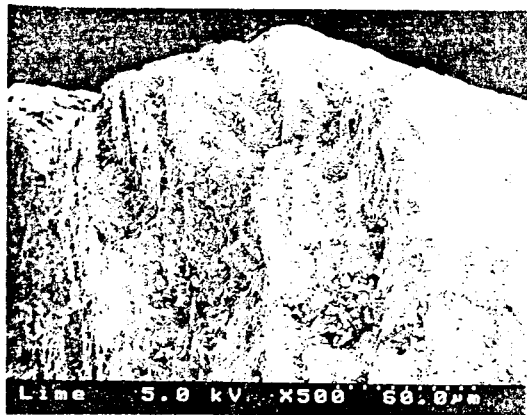
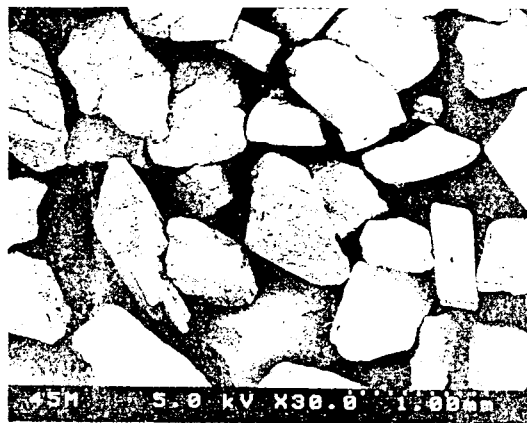


Fig 2. Scanning electron micrographs of limestone
Lime : 1.4mm($\times 20$), 45M : 355 μm ($\times 30$), Lime : $\times 500$

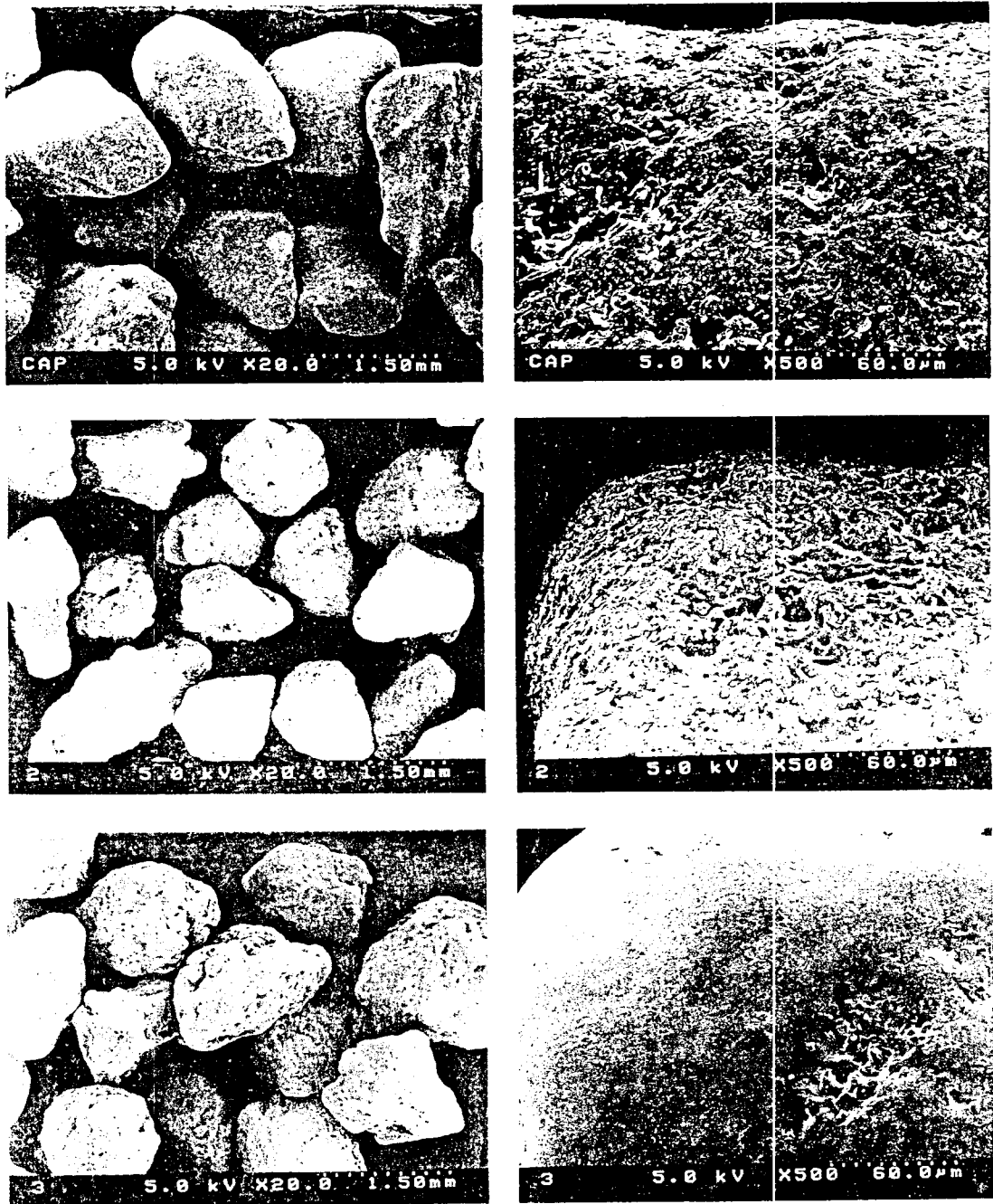


Fig 3. Scanning electron micrographs of encapsulated limestone granule
 CAP : X20 and X500, 2 : EC(X20 and X500), 3 : Shellac(X20 and X500)

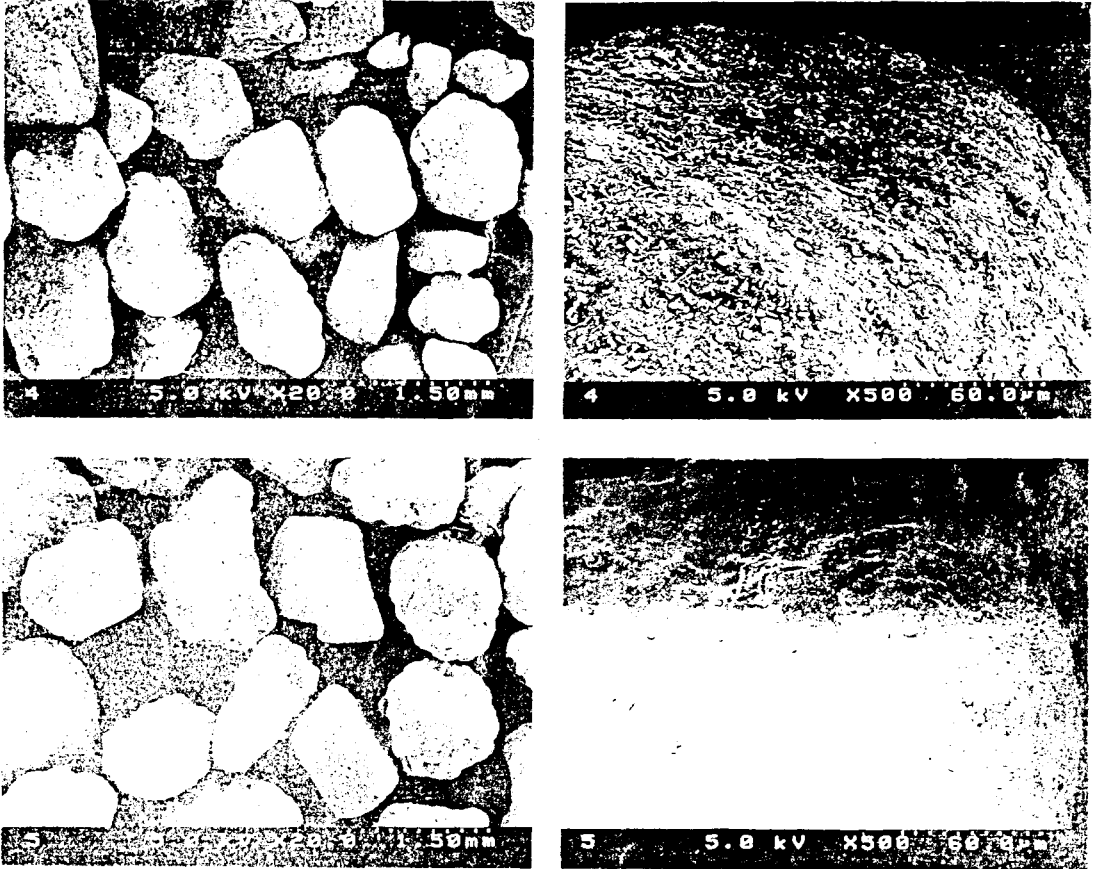


Fig. 4. Scanning electron micrographs of encapsulated limestone
4: HPMCP($\times 20$ and $\times 500$), 5: Shellac+EC($\times 20$ and $\times 500$)

Table 1. Effect of encapsulated limestone in feed on the egg quality depending on the coating materials

Item	Limestone granule	Encapsulated limestone granule				
		CAP ¹	EC ²	Shellac	HPMCP ³	Shellac +EC ⁴
Egg wt(g)	63.55 ^{bc}	65.17 ^a	64.27 ^b	62.67 ^c	63.52 ^{bc}	63.72 ^b
Shell wt(g)	5.72 ^{bc}	5.91 ^a	5.84 ^{ab}	5.66 ^c	5.78 ^{abc}	5.76 ^{bc}
Shell %	8.94	9.09	9.10	9.09	9.15	9.06
SWUSA	77.50	78.18	77.73	77.04	78.24	77.13
Specific gravity	1.085	1.085	1.085	1.085	1.086	1.085
Breaking strength(kg)	2.799	2.789	2.781	2.791	2.845	2.788
Shell thickness(mm)	0.372	0.378	0.378	0.368	0.376	0.370
Specific strength	7.234	7.233	7.120	7.309	7.401	7.394
Content of calcium(%)	34.20	34.37	34.65	34.67	34.52	34.45
≥0.396mm thickness(%)	24.71 ^B	30.88 ^{AB}	30.95 ^{AB}	22.98 ^B	39.55 ^A	24.88 ^B

¹CAP: cellulose acetate phthalate, ²EC: ethyl cellulose,

³HPMCP: hydroxypropyl methylcellulose phthalate, ⁴shellac+EC(20:80)

*Different superscripts in same row indicate significant differences.

**A, B : $p < 0.5$, a, b, c: $p < 0.01$

참고문헌

Becker, T. and Z. Puhan. 1989. Effects of processes to increase the milk solids non-fat content on the rheological properties of yoghurt. *Milchwissenschaft*. 44(10):626-629.

Carr, J. G., Cutting, G. V., and Whiting, G. C. 1975. Lactic acid bacteria in beverages and food. Academic press. New York, N.Y.

Hamann, W. T., and Marth, E. H. 1984. Survival of *S. thermophilus* and *L. bulgaricus* in commercial and experimental yogurts. *J. Food Prot.* 47(10):781.

Hegenauer, J., Saltman, P., and Ludwig, D. 1979. Effects of supplemental iron and copper on lipid oxidation in milk. *J. agric. Food Chem.* 27, 868.

Kosikowski, F. 1977. Cheese and fermented milk foods. Chapter 6, p. 68-89. 2nd ed. Edwards Brothers.

Tamine, A. Y. and Deeth, H. C. 1980. Yoghurt: Technology and Biochemistry. J. Food Protec. 43:939-977.

Tamine, A. Y. and Robinson R. K. 1985. Yoghurt: Science and Technology. Pergamon Press Ltd. England.

Tarlagdis, B. G., Watts, B. M. and Younathan, M. T. 1960. A distillatic method for the quantitative determination of malonaldehyde in rancid foods. J. Am. Oil Chem. Soc. 37:44-48.

Yaguchi, H. and Nakae, T. 1984. The progress of milk products containing viable Bifidobacteria. Japanese J. Dairy and Food Sci. 33(6):203-212.

강영재, 윤영호, 김현욱. 1979. 국산발효유 음료의 미생물학적 및 이화학적 성질에 관한 연구. 한축지. 21(6):543-551.

김거유, 박재인, 권일경, 안종건, 고준수. 1992. Lactobacillus acidophilus와 Streptococcus thermophilus에 의한 Ultrafiltration 처리우유의 발효촉진. Korean J. Dairy Sci. 14(2):148-158.

김은경. 1990. 국산 농후 Yoghurt의 품질 및 저장중의 이화학적 성질변화에 관한 연구. 성균관대학교 대학원 석사학위 논문.

이신호, 구영조, 신동화. 1988. L. bulgaricus와 S. thermophilus의 단독 및 혼합배양에 의한 요구르트의 이화학적 미생물학적 특성. Korean J. Food Sci. Technol. 20(2):140.

정순희. 1994. 탈지분유의 품질에 따른 Yoghurt의 특성에 관한 연구. 성균관대학교 대학원 석사학위 논문.

Bennett, J. K. 1988. comparison of breaking strength and shell thickness as evaluators of egg shell quality. Environ Toxicol. Chem. 7:351

Bolden, S. L., and Jensen, L. S. 1985. Effect of dietary calcium level and ingredient composition on plasma calcium and shell quality in laying hens. Poul. Sci. 64:1499

Briton, W. M. 1977. Shell membranes of eggs differing in shell quality from young and old hens. Poul. Sci. 54:647

Claggett, C. O., Buss, E. G., and Tamaki, Y. 1977. Egg shell quality: Calcium metabolism in thick and thin shell genotype. Poul. Sci. 56:1703(abstr.)

Hamilton, R. M. G., Hollands, K. G., Voisey, P.W., and Grunder, A. A. 1979. Relationship between egg shell quality and shell breakage and factors that affect breakage in the field. Word's Poul. Sci. 35:177

Meyer, R., Baker, R. C., and Scott, M. L. 1973. Effects of hen egg shell and other calcium sources upon egg shell strength and ultrastructure. Poult. Sci. 52:949

Muller, W. J., and Leach Jr. R. M. 1974. Effects of chemicals on egg shell formation. Ann. Rev. Pharm. 14:289

Parsons, A. H. Structure of the egg shell. Poul. Sci. 61:2013

안병윤, 김종원, 이유방. 1981. 국내 계란 유통과정에 있어서 난질의 상태에 관한 연구. 한축지. 23(2):81

양계연구. 1993. 7월 난각질을 나쁘게 하는 여러 가지 요인. p.36

최진호, 강원준, 백동훈, 박홍석. 1983. 계란의 내용물과 특성에 관한 연구. 한축지. 25(6):651