

REVIEW

고령자를 위한 영양강화 유제품 개발 II. 고령자 영양강화 적용 기술 현황

김범근¹ · 장혜원¹ · 최가희² · 문용일³ · 오세종^{2*} · 박동준^{1*}

¹한국식품연구원, ²전남대학교 동물자원학부, ³우석대학교 동물자원식품학과



Application of Dairy Food Processing Technology Supplemented with Enriched-nutrients for the Elderly: II. The Applicable Technology of Carefoods for the Elderly

Bum Keun Kim¹, Hae Won Jang¹, Ga Hee Choi², Yong-II Moon³, Sejong Oh^{2*}, and Dong June Park^{1*}

¹Korea Food Research Institute, Wanju, Korea

²Division of Animal Science, Chonnam National University, Gwangju, Korea

³Dept. of Animal Source Food, Wooseok University, Wanju, Korea

Received: December 7, 2019

Revised: December 10, 2019

Accepted: December 10, 2019

*Corresponding author :

Sejong Oh

Division of Animal Science, Chonnam National University, Gwangju, Korea

Tel : +82-62-530-2116

Fax : +82-62-530-2129

E-mail : soh@jnu.ac.kr

Dong June Park

Korea Food Research Institute, Wanju, Korea

Tel : +82-63-219-9132

Fax : +82-63-219-9876

E-mail : djpark@kfri.re.kr

Copyright © 2019 Korean Society of Milk Science and Biotechnology.

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>)

which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ORCID

Bum Keun Kim

<https://orcid.org/0000-0002-9752-741X>

Hae Won Jang

<https://orcid.org/0000-0002-4797-9880>

Ga Hee Choi

<https://orcid.org/0000-0002-4477-7319>

Yong-II Moon

<https://orcid.org/0000-0001-5903-2160>

Sejong Oh

<https://orcid.org/0000-0002-5870-3038>

Dong June Park

<https://orcid.org/0000-0001-9452-9391>

Abstract

Milk and dairy products are the high value foods for the elderly population. In particular, fermented milk is the best source of calcium for people in the specific age group of over 79 years. It provides a good source of protein. Regular exercise and active lifestyle are recommended to slow down the muscle loss. However, exercising without proper nutrient intake is simply not sufficient at this age. Milk and dairy products provide the iron and protein content required for effective exercise-assisted growth. Milk nutrients have the advantage of being produced in various food forms, such as liquid, semi-solid, and powder types. Fat-soluble vitamins such as retinol and vitamin K can be encapsulated using various technologies for milk and dairy products. Using the encapsulation method, spray drying and fluidized-bed coating have been used for adding the micro-nutrients to the food. Microencapsulation technology is being applied in case of the fermented dairy products too. In particular, various wall materials are being developed to enhance the viability of probiotics. In the near future, advanced high-efficiency technologies that can effectively nourish the dairy products with nutrients will be developed to produce targeted high-nutrition value food for the elderly.

Keywords

elderly, dairy product, microencapsulation, carefood

서론

전보에서 보고한 바와 같이 고령자에 대한 영양소별 필요량 미만 섭취 비율이 증가하고 있는 점은 고령자용 영양강화 식품이 현시점에서 얼마나 필요한가를 시사하는 것이다[1]. 75세 이상의 고령자에게 약 80% 이상이 칼슘과 리보플라빈을 평균 필요량 미만을 섭취하고 있으며, 70세 이전까지는 평균 영양섭취기준 대비 섭취비율은 낮지 않았던 비타민 C, 비타민 A, 나이아신의 경우도 평균필요량 미만 섭취자 비율이 절반 이상으로 많은 것으로 나타나 70세 이전 연령층에서도 섭취편차가 있는 영양소인 것으로 판단된다[1, 2].

한국식품연구원에서는 2014년도부터 2018년도까지 5년 동안 고령자들의 3대 섭취장애 극복을 위해 식품의 물성을 제어할 통한 '고령친화형 특수용도식품(Silver Foods) 개발'이라는 연구 과제를

수행하여 고령자들을 위해 효소 처리 및 재성형 기술을 응용하여 식품의 물성 제어를 통해 고령자들이 저작 및 섭취(연하)하기 용이한 제품을 개발하기 위한 기술적 해결방안을 제시하였다. 이는 고령자들의 신체 조건에 맞도록 식품의 물성을 조절하여 충분한 식품 섭취를 가능하게 한다는 점에서는 좋은 해결책이라 할 수 있으나, 부족한 영양소를 공급하는 측면에서는 보완할 점이 많다. 고령자들의 건강 상태를 호전시키기 위해서는 필요한 영양 성분을 보충해주어야 한다. 이러한 영양 성분 강화를 위해서 고령자들에게 요구되거나 결핍되고 있는 영양 성분을 포함하는 기술과 이러한 제형을 가공할 수 있는 식품 모델 개발이 동시에 이루어져야 효율적인 영양강화가 이루어질 것이다. 본 논문은 고령자를 위한 영양강화 제품을 개발하기 위한 영양 강화 적용기술에 대하여 몇 가지 적용 기술을 소개하였으며, 이는 고령자용 유제품뿐 아니라, 다른 식품군에게도 적용될 수 있을 것이다. 논문에서 기술된 최신 기술은 한국식품연구원(<http://www.kfri.re.kr>)에서 작성한 '고령자용 영양강화 기술 개발을 위한 기획 연구' 보고서에서 제시된 내용을 학술지 형식에 맞도록 재작성하였음을 밝혀 두는 바이다.

본 론

1. 영양성분강화를 위한 전달체

영양성분의 포집기술은 특정 영양성분을 다른 물질을 사용하여 포획하여 직경이 수 nm 내지 수 mm 인 입자를 생성하는 공정기술로 정의할 수 있으며, 다음과 같이 전달체(carrier, delivery system)를 분류할 수 있다[3].

1) 단백질 기반 전달체(protein-based carrier)

단백질 기반의 영양성분 전달체는 필수 아미노산의 공급원으로서의 영양학적 장점 이외에 필름 및 겔 형성능, 유화 및 용해도와 같은 기능적 특성이 우수한 장점이 있다. 전달체 제조에 주로 사용되는 단백질로는 밀 단백질과 대두 단백질, 우유 단백질, 젤라틴 등이 있다. 글루텐(gluten)은 밀 단백질로 글리아딘(gliadin)과 글루테닌(glutein)으로 구성되어 있다. 글리아딘은 표면장력을 낮춰주는 효과가 있어 유화제로서의 역할을 하며, 제과제품과 관련이 있다. 대두 단백질은 오랫동안 식품원료로 사용되어 왔으며, 유아식, 환자식, 일반식품의 원료로 널리 사용되고 있으며, 펩타이드 물질의 포집에 많이 사용되고 있는 단백질이다. 우유 단백질은 대표적으로 casein과 whey protein이 있다[4]. Casein은 수용액상에서 micelle 형성능이 우수하여 저분자의 소수성 영양성분을 포집하는데 유리하다. Ha와 Lee는 casein과 whey protein은 retinol이나 polyphenol과의 화학적 결합을 할 수 있으며 식품 처리 공정에서도 안정성이 높아 나노 전달체로 좋은 물질이라고 보고하여[3], 우유 단백질이 다른 소재보다 생리활성 물질의 전달체로써 좋은 소재임을 알 수 있다. 상기논문은 나노전달체의 특성과 유제품에서의 적용사례에 대하여 자세하게 기술되어 있으니 참조 바란다.

2) 지질 기반 전달체(lipid-based carrier)

영양성분 전달체 제조에 사용되는 지질성분으로는 fatty acids and fatty alcohols, glycerides, waxes(bees wax, carnauba wax, candellia wax), phospholipids 등이 있다. 지질 기반의 영양성분 전달체는 단백질과 다당류 기반의 전달체와 비교하여 산업적 대량생산 적용이 용이하고, 높은 포집 효율과 독성이 없거나 낮은 장점이 있다. 또한 에멀전(emulsion), 리포솜(liposome), 고체 지질 나노입자(solid lipid nanoparticle, SLN) 및 나노 구조 지질 전달체(nanostructured lipid carrier, NLC) 등 다양한 제형들이 연구되어 있다.

3) 다당류 기반 전달체(polysaccharide-based carrier)

다당류 기반의 영양성분 전달체의 원료는 starch, cellulose, pectin, chitosan, alginate, dextrin, cyclodextrins, gum류 등 단일성분 및 둘 이상의 조합으로 사용되거나, 화학적으로 처리하여 사용되고 있다. 이는 생체적합성, 생분해성이 우수하고, 고온에서 변성되거나 용융될 수 있는 단백질이나 지질 기반의 전달체와 비교하여 온도 안정성으로 인해 고온의 공정에 적합하다[5].

2. 영양성분 강화를 위한 액상형 시스템

1) 에멀전(emulsion)

에멀전은 물리적 작용에 의해 하나의 액체가 다른 하나의 액체에 분산됨으로써 형성된 콜로이드 분산체를 말한다. 이는 일반적으로 유화제의 존재하에 수상 및 유상을 함께 균질화하여 액적의 유착을 방지하고 분산을 유지함으로써 제조된다. 지용성 영양성분의 포집 및 전달체 제조에 효과적이며, 크기가 수십 나노의 나노에멀전(nanoemulsion)의 경우에는 가시광선의 파장보다 작기 때문에 광학적으로 투명하여 음료수와 같은 액상 제품에 적용이 용이하고, 비교적 제조방법이 간단하여 식품 산업에 많이 이용되고 있다[6].

2) 리포솜(liposome)

리포솜은 지질 기반의 영양성분 전달체로 인지질과 같은 양친매성 화합물의 극성을 띠고 있는 head group이 내부와 외부 매질의 수상에 노출되어 있고, 소수성 탄화수소의 tail group이 서로 접함으로써 이중층의 구형 shell 구조를 갖는 미세 소포체를 말한다. 지용성 영양성분뿐만 아니라, 수용성 영양성분을 동시에 포집할 수 있다. 리포솜의 제조방법으로는 thin-film hydration technique, solvent injection technique, detergent removal method와 reverse phase method가 있다.

3) 고체 지질 나노입자(solid lipid nanoparticle, SLN)

에멀전과 리포솜의 안정성과 저장성을 향상시키기 위한 2세대 지질 전달체로 저장기간에 따른 안정성이 향상되었다. 고체 지질 나노입자는 상온에서 고체 상태인 지질을 녹는점 이상에서 소수성 영양성분과 혼합하여 상온의 수용액에 균일하게 분산시킨 고체 입자형태로 지질의 종류 및 농도, 유화제의 농도, 균질화 방법 및 처리 정도로 포집률과 입자의 크기를 제어한다. 인지질, 콜레스테롤 등 주로 생체 내에 존재하는 물질을 사용하여 생체 이용률이 높지만, 고체 지질의 녹는점 이상의 온도에서는 포집된 영양성분이 급격히 방출되는 문제점이 있다.

4) 나노 구조 지질 전달체(nanostructured lipid carrier, NLC)

고체 지질 나노입자의 빠른 영양성분 방출 문제를 해결하기 위해 개발된 전달체로, 고체 지질 나노입자와 같이 에멀전과 리포솜에 비해 안정성과 저장성, 생체이용률이 우수하다. 고체 상태인 지질과 액체 상태인 지질을 혼합하여 사용하였기 때문에 고체 지질 나노입자에 비해 방출속도 조절이 용이하고, 영양성분의 높은 포집 용량(loading capacity)을 갖는다.

3. 영양성분 강화를 위한 분말상 제형 시스템

1) 고분자-단백질 복합 제형(polysaccharides-protein complex)

식품은 탄수화물계 다당류 및 단백질과 같은 광범위한 성분으로 구성되어 있는데, 고분자-단백질 복합 제형은 이러한 고분자와 단백질간의 이화학적 특성 차이를 이용하여 제조할 수 있다. 예를 들어

다당류 및 단백질은 특정 조건(pH, 온도, 염농도 등) 하에서 특정 용매에 혼합 용해될 수 있다. 하지만 용매의 이화학적 특성을 바꿔줌에 따라 다당류 및 단백질이 반대의 전하로 하전될 수 있으며 코아세르베이션(coacervation)이 발생하여 고분자-단백질 복합체를 형성하게 된다. 고분자와 단백질 사이의 복합체 형성은 일반적으로 단백질의 등전점(isoelectric point) 이하의 pH에서 발생한다. 개별 복합체 입자에는 수소 결합(hydrogen bond) 혹은 소수성 상호작용(hydrophobic interaction), 쌍극자-쌍극자 상호작용(dipole-dipole interaction) 등에 의해 응집이 일어날 수 있다[7].

2) 분무 건조 분말(spray-drying and agglomeration)

분무 건조법은 식품 산업에서 가장 오래된 기술로 제조 방법이나 비용면에서 효율적이기 때문에 많이 사용되고 있다[8]. Fig. 1은 분유제조에 일반적으로 사용되는 분무건조 장치로 영양성분의 코팅에도 적용될 수 있다. 주로 다당류(starch, maltodextrin, gums)와 단백질(gelatin, casein, whey protein, soy protein, wheat protein) 기반의 영양성분 포집 분말 제조에 사용되고, 지질(stearic acid, mono-glyceride, di-glyceride)이 사용되기도 한다. 영양성분과 전달체 물질 혼합 수용액 혹은 분산액이 분무 건조기에 주입되게 되고, 뜨거운 공기에 의해 수분이 증발되면서 매트릭스 형태의 분말 입자가 제조된다. 영양성분과 전달체 물질간의 비율은 일반적으로 1:4이다. 분무 건조법은 주입구(inlet)와 출구(outlet)의 온도 조절이 중요하다. 일반적으로 주입구의 온도가 너무 낮을 경우 수분의 증발이 충분히 일어나지 못하게 되고, 제조된 입자가 건조되지 않거나 낮은 영양성분의 포집 효율을 보이게 된다. 또한, 출구의 온도가 너무 높은 경우, 열에 의한 영양성분의 손실이 발생하거나 제조된 입자에 균열을 유발할 수 있다.

3) 분무 냉각 분말(spray-cooling or spray-chilling)

분무 건조 방법을 응용한 방법으로 주로 녹는점이 높은 지질(fatty acid, alcohols, triacylglycerols, waxes) 기반의 전달체 제조에 사용된다[9]. Fig. 2는 분무냉각 분말 장치를 도식화한 것이다. 매트릭스 형태로 일반적으로 20-200 μm 의 고체 지질 마이크로입자가 제조된다. 영양성분과 전달체 물질 혼합 수용액 혹은 분산액이 노즐을 통해 분사되면서 함께 투입되는 차가운 공기나 액체 질소와 접하게 되면서 입자가 고형화된다. 고온에서 이루어지는 분무 건조와는 달리 열에 민감한 영양성분(ω -3 fatty acids, enzyme, probiotic)의 포집 분말 제조에 적합한 방법이다. 하지만 포집 효율이 낮고, 일부의 영양성분이 매트릭스 내부가 아닌 표면에 존재하는 단점이 있다. 이러한 단점을 보완하기 위

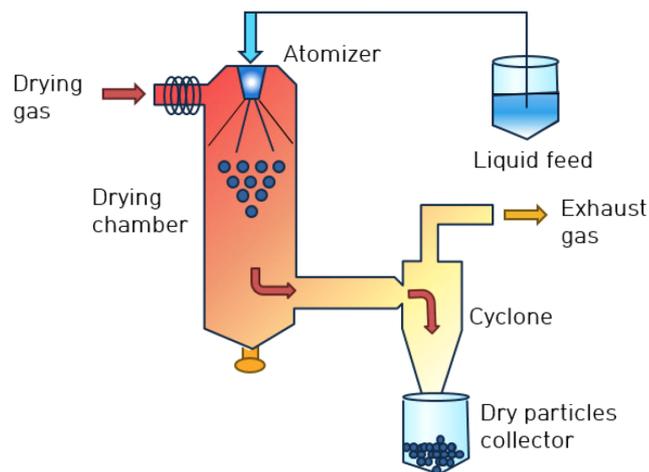


Fig. 1. Spray-drying process. Adapted from Sonik & Seremeta with permission of Elsevier [8].

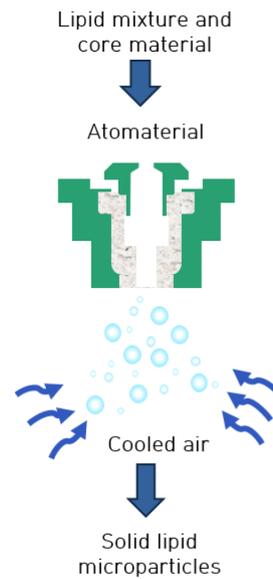


Fig. 2. Scheme of spray chilling process. Adapted from Alvim et al [9].

해서 추가적인 고분자 코팅 공법이나 유동층 코팅(fluid bed coating)법이 적용되고 있다.

4) 유동층 코팅(fluid bed coating) 분말

유동층 코팅법은 고체 입자에 적용하는 영양성분 포집 방법이다. 기류(air stream)을 이용하여 고체 입자를 챔버 내에 분산시키고, 동시에 코팅제를 액체 상태로 분사시켜줌으로써 담체형의 입자를 제조할 수 있다(Fig. 3). 분무 건조와 분무 냉각법에 의해 제조된 분말과는 달리 영양성분 물질을 운반체 내부에 포집할 수 있고, 대체로 균일한 입자가 제조되기 때문에 주로 2차 코팅에 주로 사용한다[10]. 유동층의 열전달 효율이 좋기 때문에 분무 건조에 비해 상대적으로 낮은 온도에서 공정이 이루어지며, 코팅제는 지질(vegetable oil, stearines, fatty acids, waxes)를 직접 녹여서 사용하거나 하이드로콜로이드(starch, gums, maltodextrin, protein 등)를 용매에 녹여서 사용할 수 있다.

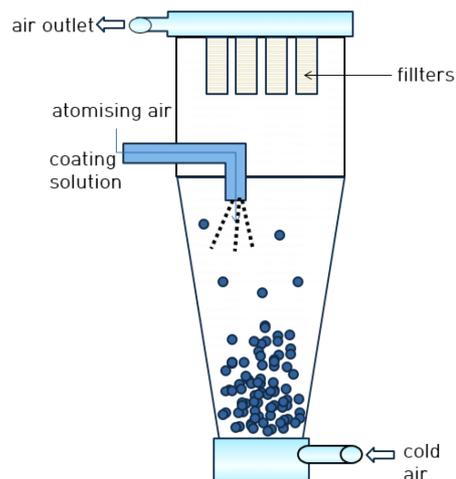


Fig. 3. Scheme of fluid bed coating process. Adapted from Zuidam & Shimoni with permission of Springer [10].

5) 용융 압출(melt extrusion or melt injection)

용융 압출은 액상의 고분자와 영양성분을 압출기에 주입하여 혼합하면서 가압을 통해 입자를 제조하는 방법이다(Fig. 4). 압출기의 주입구(orifice)의 직경이 작을수록 제조되는 입자의 크기가 작아진다. 압출물질로는 starch, maltodextrin, sugar, cellulose ethers, protein, emulsifiers, lipids 등으로 구성될 수 있으며, 영양성분은 기체, 액체, 에멀전 또는 분말 상태로 첨가될 수 있다. 향기성분의 포집에 많이 사용되며, 영양성분의 산화반응을 억제하는데 유리하지만, 포집 용량이 낮은 단점이 있다[10].

4. 식품배달 플랫폼 기술

발효유제품을 포함한 다양한 유제품은 일반식품과 같이 지역내 식품매장에서 상시 구입이 가능하지만, 거동이 불편한 고령자들에게는 구매가 어려운 점이 있다. 식품의 배송은 전통적으로 대량 운송 방식으로 이루어지고 있으나, 최근 배송의 편의성을 강조한 직접배달과 같은 방법이 확대되고 있다. 스마트폰을 활용한 배송에는 ‘배달의 민족’, ‘요기요’, ‘배달통’ 등과 같이 배달식품 주문 서비스가 현재 사용되고 있다. 식품 배달 시장이 급속히 성장하고 있어 이들과 같은 주문 배달 서비스는 보다 활성화될 것으로 보인다. 그러나 스마트폰의 앱을 통한 주문은 고령자에게 수월한 방법은 아니기 때문에 고령자들의 주문을 도와주는 보조적 방법 시스템 등이 같이 개발되어야 할 것이다.

식품 배달 서비스의 증가는 무인배송 시스템으로 발전될 것으로 생각되며, 현재 드론 및 로봇을 활용한 배달 플랫폼이 개발되어 테스트되고 있다(Fig. 5). 유제품은 분유제품과 일부 제품을 제외하고 냉장 상태로 유통되어야 한다. 현재까지 개발되는 드론 및 배달 로봇은 주로 상온 유통 방식이지만, 냉장 상태의 배송은 기술적으로 어렵지 않기 때문에 조만간 냉장 배송 로봇도 등장할 것이다.

발효유제품은 유산균이 생존해 있어 냉장이 아닌 상온에 제품이 노출되면 젖산발효가 급격히 진행되어 제품의 품질 저하를 일으킬 수 있다. 요구르트는 제품의 pH가 4-4.5 부근으로 냉장상태로 유지될 경우, pH가 유지되지만 25℃로 배송되면 pH가 4 이하로 급속히 저하되며 유산균의 사멸을 가져올 수 있다. 1971년 국내에 발효유 제품을 출시한 (주)한국아쿠르트는 cold-chain system이 구축되어 있지 않은 환경이었기 때문에 냉장상태로의 배송이 어려워 hand-to-hand 방식으로 지금까지 유지하고 있다. Fig. 5에는 현재 사용 중인 이동형 냉장카트를 보여주는 것으로 배송자가 직접 카트를 조정하는 방식이다. 그러나 가까운 미래에는 유인 냉장카트보다는 무인냉장 배달 시스템 등이 적용되어 발효유제품의 배송이 이루어질 것이다.

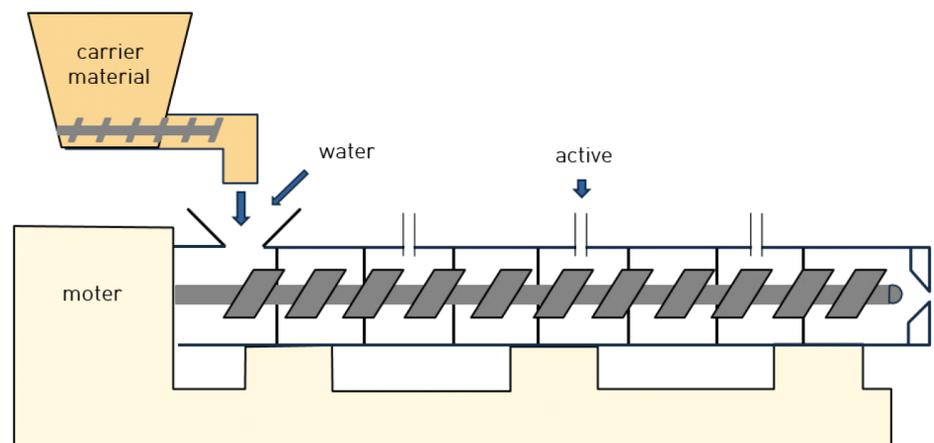


Fig. 4. Scheme of melt extrusion process. Adapted from Zuidam & Shimoni with permission of Springer [10].



Food-delivery robots



Delivery drone (Korea Post, Korea)



Mobile refrigerated cart (Korea Yakult, Korea)

Fig. 5. Examples of food delivery platform technology.

5. 빅데이터 활용 영양 강화 식품

4차 산업혁명시대의 주요 키워드 중 하나로 빅데이터(Big data)와 3D 프린터(printer)가 있으며, 이는 식품산업에서 또한 미래 발전 기술 중 하나로 주목받고 있다. 빅데이터의 활용 기술이란 대용량의 데이터를 분석하여 가치있는 정보를 추출하고, 생성된 지식을 바탕으로 능동적으로 대응하거나 변화를 예측하는 기술을 의미한다. 한국농촌경제연구원(KREI)은 소셜 빅데이터를 이용하여 2018년 상반기 식품산업 주요 이슈에 대하여 분석하였는데[11], 이 빅데이터 분석 결과에 따르면 2018년도 상반기(1-6월) 중 주요 포털(네이버)에 게재된 식품산업 관련 뉴스 중 언급 빈도가 월평균 100회 이상인 주제어(키워드)는 ‘가정간편식(HMR)’, ‘건강기능식품’, ‘고령친화식품’, ‘유전자변형식품(GMO)’, ‘푸드테크’로 나타났다. ‘고령친화식품’의 경우, 빈도수는 상대적으로 낮으나 전년도 상반기 대비 언급 빈도 증가율은 가장 높아, 우리 사회가 고령사회로 접어들어 사회적 관심도 높음을 반영했다(Fig. 6).

4차 산업혁명시대 식품산업에서 빅데이터 기술은 식품 영양동태해석을 통한 건강식이 정보, 개인 유전자 분석 정보, 유전적 질환 위험도 정보 등을 기반으로 식이와 건강 상관성 정보를 데이터베이스화하여 생애주기, 질환, 식품의 생체 이용을 해석하여 개개인 맞춤형 영양 식단을 개발하고 제안하는데 활용될 수 있다.

6. 3D-식품 프린터 활용 영양 강화 식품

3D-식품 프린팅 기술은 식재료를 이용하여 3차원 형상을 컴퓨터 모델링 작업을 통해 3D-프린터로 평면에 프린트하고, 이것을 적층하여 3차원 제품을 제작하는 기술을 의미한다.

식품 소재를 활용한 3D-프린팅 기술은 2007년 미국 Cornell 대학교 Hod Lipson 교수 연구팀의 초콜릿을 소재로 한 연구를 시작으로 Nestle, Hershey, Barilla 등 글로벌 식품 기업 등도 연구 개발이 진행되었으나, 초콜릿, 캔디, 파스타 등 단일 식품 소재에 대한 프린팅 기술로 영양 강화 복합



Fig. 6. Major issues in the food industry in the first half of 2018 using big data analytics. Adapted from Kim [11].

식품 프린팅 기술에 대한 연구는 부족한 실정이다. 3D-프린터는 기존의 소품종 대량생산 방식에서 다품종 소량생산 방식으로 전환함으로써 빅데이터 기술을 기반으로 개인별 맞춤형의 다양한 제품 개발을 가능하게 할 수 있다.

개인맞춤형 영양 강화 식품 제조에 3D-식품 프린팅 기술의 활용은 맞춤형 레시피를 통해 식이요법이 필요한 환자의 건강식을 제공할 수 있다. 예를 들어, 비만, 심장질환, 당뇨관련 환자를 위한 식품, 골다공증 환자용 칼슘흡수를 위한 비타민 D 강화 제품, 저작 및 연하 장애가 있는 고령자 친화형 식품 제공 등을 기대할 수 있다. 실제로 독일의 Biozoon社は 3D-식품 프린터를 활용하여 고령친화 식품(seneoPro), 디지털트류(texturePro), 스포츠용 식품(mybiosportiv)의 3가지 분류에 따라 2010년부터 제품 생산하고 있으며, 식품·영양 관련 요구사항이 스마트폰 앱 등을 통해 전달되면 업체에서 이를 3D-프린터로 생산 후 양호시설에 납품하는 형태로 독일 1,000개 이상의 양호시설에서 이를 취급하고 있다[12].

2015년 중국과 싱가포르의 Jie Sun 연구팀은 미래 식품산업으로 3D-식품 프린팅 기술을 활용한 개인 맞춤형 영양 강화 제품의 개발을 제시하였다[13]. 이는 인간의 생애주기, 질환 등 건강정보 혹은 직업 등 개개인의 특성에 맞춰 요구하는 영양소를 프로파일링하고, 이에 따른 맞춤형 레시피를 통해 식품을 프린팅하는 시스템으로 상용화를 앞두고 있다.

결론

우유는 우수한 영양성분을 바탕으로 다양한 소비층을 보유하고 있기 때문에 영양성분의 강화를 통한 제품화가 폭넓게 이루어지고 있는 점은 기반연구가 많이 수행되었기 때문이다. 많은 연구들 중에서 몇 가지 연구결과를 소개하면 다음과 같다. Gupta 등은 arabic gum을 사용하여 철(iron)을 microencapsulation시켜 우유에 첨가한 결과, 철의 생체 이용율이 증가함을 보고하였으며[14], Lee 등은 비타민 C를 캡슐화하고 분무 건조하여 높은 포집 효율을 얻었으며, 우유에 첨가한 저장실험에서 우수

한 방출 제어를 보였다고 보고하였다[15]. 치즈는 우유와 마찬가지로 전통적인 유제품 중에서 많은 소비가 이루어지는 제품군이며, 유아, 어린이, 성인 등 다양한 소비층을 대상으로 영양 강화된 제품들이 출시되고 있으며, 숙성을 조절하기 위하여 효소의 마이크로 캡슐화를 통한 많은 연구가 진행되었다. Zomorodi 등은 sodium alginate를 이용하여 프로바이오틱스 균주를 코팅하여 치즈를 제조한 결과, 치즈내 프로바이오틱스 균주의 생존률을 증가시킬 수 있었다고 보고하였다[16]. 치즈 생산과정에서 유청 분리 공정에서 유실되는 비타민 D의 감소를 최소화 하기 위하여 Banville 등은 우유 지방을 이용하여 비타민 D를 리포솜에 포집한 다음 치즈 제조 공정에 투입하고, 상업용 비타민 D 제제와 비교한 결과, 리포솜을 첨가한 치즈에서 비타민 D의 안정성이 높게 나타났다고 보고하였다[17]. Mousa 등은 sodium alginate와 유청 단백질의 이중 코팅을 통한 프로바이오틱스의 포집 캡슐은 요구르트 제품안에서 유산균의 생존을 증진시킨다고 보고하였으며[18], Park 등은 *Lactobacillus acidophilus* 균주를 장용성 소재로 미세캡슐화 시킨 결과, 내산성과 내열성이 증진되어 식품가공중의 생존성을 증진시킬 수 있다고 보고하였다[19].

우유는 마이크로 캡슐화된 영양소를 적용한 대표적 식품으로 영양성분을 강화한 많은 제품들이 시중에 판매되고 있는데, 전세계적으로 비타민 A, C, D, E군 및 단백질을 강화한 제품군들이 주류를 이룬다. 고령자를 위한 영양강화 제품을 개발하기 위한 기술은 과거부터 개발되어 현재 상용화되어 제품에 적용된 기술도 있으며, 미래에 사용되기 위하여 연구가 진행되는 기술도 있다. 본 논문에서는 고령자용 영양 강화를 위한 일부 기술만 제시를 한 것으로 향후 고령자용 식품에 보다 더 적합한 기술들이 개발될 것이다. 빅데이터와 3D-식품 프린팅 기술의 활용은 사회 경제적 파급효과가 큰 기술로 고령자용 식품산업에 중요한 분야가 되어 버렸다. 향후에 이들 기반 기술들은 고령친화 식품의 세계시장을 주도할 것으로 전망되고 있다.

Conflict of Interest

The authors declare no potential conflict of interest.

감사의 글

본 연구는 한국식품연구원(Korea Food Research Institute) 연구사업(과제번호: E0193300-01)에 의해 이루어진 것임.

References

1. Kim BK, Park DJ, Oh S. Application of dairy food processing technology supplemented with enriched nutrients for the elderly: I. nutritional conditions and care-foods for the elderly. *J Milk Sci Biotechnol*. 2019;37:96-80.
2. Kim SH, Lee YS, Heo SY. Senior-friendly food market and its vitalization [Internet]. 2018 [cited 2019 Jul 20]. Available from: <http://www.krei.re.kr/krei/research/ReportView.do?key=67&pageType=010101&biblioId=509983&pageUnit=10&searchCnd=all&searchKrwrd=%EA%B3%A0%EB%A0%B9%EC%B9%9C%ED%99%94&pageIndex=1&engView=>
3. Ha HK, Lee WJ. Development of food-grade nano-delivery systems and their application to dairy foods: a review. *J Milk Sci Biotechnol*. 2018;36:187-195.
4. Kim BK, Lee WJ, Oh S, Kim JM, Park DJ. Preparation of folic acid-loaded WPI (Whey

- Protein Isolate) nanoparticles by cold-induced gelation. *Korean J Food Sci Anim Resour.* 2010;30:95-101.
5. Cho AR, Chun YG, Kim BK, Park DJ. Preparation of chitosan-TPP microspheres as resveratrol carriers. *J Food Sci.* 2014;79:E568-E576.
 6. Kim BK, Cho AR, Park DJ. Enhancing oral bioavailability using preparations of apigenin-loaded W/O/W emulsions: *in vitro* and *in vivo* evaluations. *Food Chem.* 2016;206:85-91.
 7. Park CE, Park DJ, Kim BK. Effects of a chitosan coating on properties of retinol-encapsulated zein nanoparticles. *Food Sci Biotechnol.* 2015;24:1725-1733.
 8. Sosnik A, Seremeta KP. Advantages and challenges of the spray-drying technology for the production of pure drug particles and drug-loaded polymeric carriers. *Adv Colloid Interfac Sci.* 2015;223:40-54.
 9. Alvim ID, de Souza FS, Koury IP, Jurt T, Dantas FBH. Use of the spray chilling method to deliver hydrophobic components: physical characterization of microparticles. *Cienc Tecnol Aliment.* 2013;33:34-39.
 10. Zuidam NJ, Shimoni E. Overview of microencapsulates for use in food products or processes and methods to make them. In: Zuidam NJ, Nedovic V, editors. *Encapsulation technologies for active food ingredients and food processing.* New York, NY: Springer; 2010. p. 3-29.
 11. Kim CG. Business report of the organization for food industry information analysis [Internet]. Korea Rural Economic Institute; 2018 [cited 2019 Jul 20]. Available from: <http://www.krei.re.kr>
 12. Biozoon. Biozoon [Internet]. 2017 [cited 2019 Jul 20]. Available from: <https://biozoon.de>
 13. Sun J, Peng Z, Yan L, Fuh JYH, Hong GS. 3D food printing: an innovative way of mass customization in food fabrication. *Int J Bioprint.* 2015;1:27-38.
 14. Gupta C, Chawla P, Arora S, Tomar SK, Singh AK. Iron microencapsulation with blend of gum arabic, maltodextrin and modified starch using modified solvent evaporation method-milk fortification. *Food Hydrocoll.* 2015;43:622-628.
 15. Lee JB, Ahn J, Lee J, Kwak HS. l-Ascorbic acid microencapsulated with polyacylglycerol monostearate for milk fortification. *Biosci Biotechnol Biochem.* 2004;68: 495-500.
 16. Zomorodi S, Asl AK, Rohani SMR, Miraghaei S. Survival of *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus plantarum* and *Bifidobacterium bifidum* in free and microencapsulated forms on Iranian white cheese produced by ultrafiltration. *Int J Dairy Technol.* 2011;64:84-91.
 17. Banville C, Vuilleumard JC, Lacroix C. Comparison of different methods for fortifying Cheddar cheese with vitamin D. *Int Dairy J.* 2000;10:375-382.
 18. Mousa A, Liu XM, Chen YQ, Zhang H, Chen W. Evaluation of physiochemical, textural, microbiological and sensory characteristics in set yogurt reinforced by microencapsulated *Bifidobacterium bifidum* F-35. *Int J Food Sci Technol.* 2014;49: 1673-1679.
 19. Park DJ, An EY, Kim JS, Imm JY, Han KS, Kim SH, et al. Dry enteric coating process of lactic acid bacteria by hybridization system. *Korean J Food Sci Technol.* 2002;34: 856-861.