

3D 프린팅을 이용한 맞춤형 고령 친화 식품 제조 기술의 개발

송석준 · 임형준 · 장윤아 · 함가을 · 조성완
건양대학교 제약생명공학과
ssj0397@naver.com

Development of customized, aged-friendly food manufacturing technology using 3D printing

Song, Seok-Jun . Lim, Hyeong-Jun . Ham, Ga-Eul . Jang, Yoon-A . Cho, Seong-wan
Dept. of Pharmaceutics & Biotechnology, Konyang Univ.

요약

3D를 이용한 식품의 프린팅은 식재료 특유의 본질 때문에 변화되기 힘들었던 음식의 형태와 경도를 소비자의 섭취 능력에 따라 자유롭게 조절할 수 있고, 최소한의 섭취량으로도 개인에 따른 영양학적 요구를 완벽하게 충족시키는 것이 가능한 제조 방법으로 본 연구에서는 기존 물성 연화 식품의 기술적 한계를 극복하고, 개인 맞춤형 식품을 제조하기 위하여 모듈형 3D 바이오 프린터를 채택하여 3D 프린팅 식품의 가능성을 확인해 보고자 실험을 진행하였다. 우선 3D 프린터용 식품 소재 Ink로 초콜릿을 사용하고 또한, starch corn을 이용한 점도 조절을 통해 완성도를 평가하고 3D 프린팅 식품으로서의 적용 가능성을 위한 적합한 점도 범위를 특정하였으며 그 결과 4:1 (Chocolate : starch corn)의 비율로 프린팅하였을 때 결과물의 완성도가 가장 우수한 것으로 나타났다. 향후 완성도가 가장 높았던 초콜릿의 3D 식품 프린팅 기술을 이용하여 다양한 고령 친화 첨가물 (ex : 홍삼 등)에 적용할 예정이며 사용자가 직접 적용 가능한 프린팅 기술을 표준화하는 것이 최종 목표로서 본 연구를 통해 현재 활용이 부족한 3D 프린터 기반 식품 분야의 활용에 큰 도움이 될 수 있을 것이라 기대한다.

1. 서론

3D 프린팅이란, 시제품의 제작비용 및 시간 절감, 다품종 소량 생산, 제조공정 간소화 등의 많은 장점을 보유한 떠오르는 신기술로서 3D 프린팅 제조공정이 기존 공정과 다른 점은 미리 재고를 확보해둘 필요 없이 맞춤형 주문생산이 가능하며, 소비·생산·유통의 순서로 바꾸어 선 주문, 후 생산을 할 수 있다는 장점이 있다. 현재, 국내 시장 규모는 아직 미미한 수준이며, 국내 시장은 장비공급업체 주도의 활용교육과 컨설팅 제공이 중심이고, 해외 시장은 제작대행, 콘텐츠 유통 등 서비스 거래시장이 성장하고 있어 장비와 소재를 연계해 판매하는 산업구조로 인해 국내는 대부분 해외수입에 의존하는 상황이다. 한편, 3D 프린터용 식품 프린팅을 위해 필연적으로 필요한 식품 소재의 연구는 현재 그 개발이 매우 미흡한데 그 이유는 대상 식품별로 구성성분에 따른 인쇄특성이 상이하고, 그 자체로는 3D 프린팅에 부적합한 소재가 다수 포함되어 기술적 난이도가 매우 높기 때문이다. 실례로, 2006년에 치즈, 쿠키반죽 등을 이용한 최초의 3D 식품 프린팅을 소개한 이후 근 10년간 3D 식품 프린팅 기술개발을 위한 노력을 이

어가고 있으나, 소재에 대한 연구는 10건도 채 되지 않는 수준이다. 따라서 본 연구는 기존의 제조 공정과는 다르게 3D 프린팅 기술을 이용하여 소비자들이 원하는 맞춤형 제작이 가능한 장점을 활용할 것이며, 3D 식품 프린팅 소재의 표준화를 달성하고자 하는데 그 목적을 두고 있다.

2. 실험방법

2.1 기기

연구 과정에 사용한 주요 기기는 3D프린터(Selink 社 Bio X Printer), Water bath(dk-06), 분석저울(ARB-120), 점도계(Brookfield, LVDV-II+P) 이다. 3D 프린터의 상세한 스펙을 Table I에 나타내었다.

Table I. Performance of 3D printer

Outer dimensions (L*W*H), mm	477x441x365
Weight, kg	18
Build Volume, mm	128x85.5x75

Build surface compatibility	Multi-well plates, petridishes, glass slides
Resolution XY, μm	1
Layer Resolution, μm	1
Pressure range (internal pump), kPa	0-200
Pressure range (external air supply), kPa	0-700
No. of printhead slots	3
Photocuring sources (built-in), nm	365, 405
Printbed temperature range, $^{\circ}\text{C}$	4-65
Printhead temperature range, $^{\circ}\text{C}$	4-250 (printhead specific)
Filter class, chamber air-flow	HEPA 14
UV-sterilization	UV-C (275nm), 20mW output
Calibration Options	Manual and Automatic
User Interface	Integrated Display, DNA Studio
DNA Studio OS compatibility	Windows, Mac OS
Connectivity	USB Storage, Ethernet connection
Supported file formats, software	.gcode, .stl

2.2 재료

본실험의 주재료로 초콜릿(Callebaut ;Milk,White)을 사용하였고, 점도 조절에는 Starch corn(DUKSAN)을 사용하였다.

2.3 3D Printing Model 제작

적합한 완성도 평가를 위하여, 4mm x 4mm x 10mm 의 cylinder model (g-code)을 제작하여 그 완성도 여부를 평가 하였다.

2.4 Ink 제작

초콜릿을 55 $^{\circ}\text{C}$ 에서 중탕하여 녹인 후, Starch corn을 첨가하여 여러 비율로 바이오 소재 기반 Ink를 제작하여 그 소재 적용 여부를 평가 하였다.

2.5 점도 측정

적용된 바이오 Ink 소재들을 점도계를 이용하여 55 $^{\circ}\text{C}$ 의 온도를 유지한 상태로 점도를 측정하여 그 물성을 평가 하였다.

2.6 3D Printing

제작한 Ink를 2.3에서 제작한 Model로 출력하고, 완성된 결과물의 완성도를 평가하였다. 이 때 출력조건(압력, 온도, 출력

속도)은 각 Ink에 적합하게 조절하여 주었다.

2.7 완성도평가

완성된 결과물은 우수, 미흡, 실패로 평가하였다. 이때 우수는 더 복잡한 Model을 출력하기에 괜찮다고 판단한 것이고, 미흡은 printing은 가능하나 형태유지가 불안정함을 의미한다. 실패의 경우 전혀 형태를 유지하지 못하는 경우를 의미한다.

3. 결과 및 고찰

3.1 3D printing model 제조

4mm * 4mm * 10mm 으로 제작한 cylinder model(stl)을 Figure I 에 나타내었다.



Figure I. Model of 3D printing

3.2 점도측정

Milk, White, Dark chocolate을 starch corn과 여러 비율로 혼합하여 Ink를 만들고, 그 점도를 측정된 것을 Table II, III에 나타내었다.

Table II. Viscosity according to the ratio of milk chocolate and starch

Starch	RPM	cPs	%
원액	150	2156	53.9
11%	100	4259	71.0
13%	100	5387	89.8
15%	100	5501	91.7
17%	100	5693	94.9
20%	50	10510	87.6

Table III. Viscosity according to the ratio of white chocolate and starch

Starch	RPM	cPs	%
원액	150	2164	54.1
12%	100	5429	90.5
14%	50	8338	69.5
16%	50	9430	78.6
18%	40	11742	78.3

3.3 3D Printing

제작한 Ink를 제작한 Model(4mm*4mm*10mm)로 출력하였다. 이때 출력조건으로, Printhead의 온도는 55℃로 고정하고, Printbed의 온도는 14℃로 고정하였다. 이외의 출력조건을 Table IV, V로 나타내었다.

Table IV. Milk chocolate printer output condition

Milk chocolate	13	15	17	20
압력(kpa)	40	40	40	40
출력속도(mms)	6	6	7	7

Table V. White chocolate printer output condition

White chocolate	12	14	16	18
압력(kpa)	20	20	20	25
출력속도(mms)	6	6	6	7

3.4 완성도평가

완성된 결과물을 우수, 미흡, 실패로 평가하였다. 이때, 결과물의 사진과 평가를 Figure II, III과 Table VI, VII에 나타내었다.



Figure II. Shape of milk chocolate according to viscosity

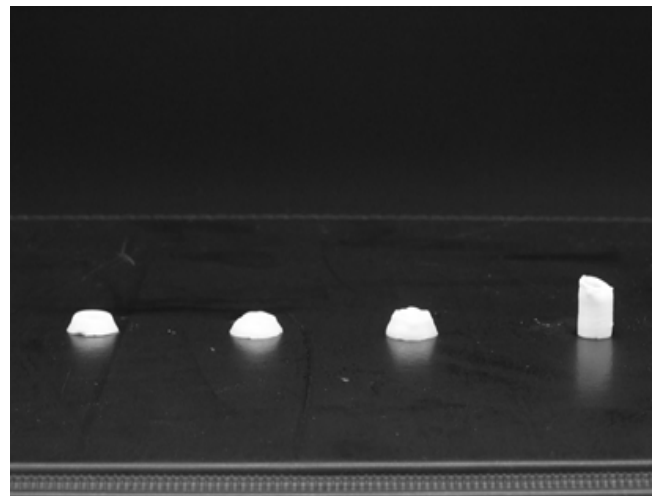


Figure III. Shape of white chocolate according to viscosity

Table VI. Evaluating the completeness of milk chocolate

비율	13	15	17	20
완성도	실패	실패	미흡	우수

Table VII. Evaluating the completeness of white chocolate

비율	12	14	16	18
완성도	실패	실패	미흡	우수

4. 결론

본 연구는 3D 프린터의 식품 소재로의 개발 가능성을 확립하기 위하여 다양한 종류의 초콜릿으로 식품 프린팅 잉크를 제작하였고, 여기에 Corn Starch를 첨가하여 점도를 변화 시켜 그 점도에 따른 초콜릿을 적용하여 3D 프린팅 소재 Ink로서의 적합성을 확립해 보고자 하였다. 실험 결과 Milk Chocolate의 경우는 Corn Starch의 비율이 20%일 때가 3D 프린팅 소재

로서 가장 적합하였고, White Chocolate의 경우 Corn Starch의 비율이 18%일 때가 가장 적합하다고 판단되었다. 각 재료에서 제시된 것보다 전분의 양이 많으면 Print head에서 Chocolate Ink가 출력이 되질 않았고, 전분의 양이 적으면 cylinder의 모양이 무너지는 것을 확인할 수 있었다. 점도시험의 결과 3D 프린팅에 적합한 점도의 대략적인 범위는 11000~14000cPs으로써 이는 각 3D 프린팅 기기의 조건에 따라서 어느 정도 좌우될 수 있을 것으로 판단되지만 이러한 조건 확립으로 인해 향후 다른 식품 소재를 이용한 식품의 제조에 적용하는 것을 검토해 봄으로써, 다른 식품의 3D 프린팅 소재로서의 적용 가능성을 확보 할 수 있을 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- [1] Hyun Woo Kim. Classification of the printability of selected food for 3D printing: Development of an assessment method using hydrocolloids as reference material
- [2] Hyun Woo Kim. Classification and standardization of foodink system for 3D printing technology
- [3] Yu Gyeong Bang. A study for effective implementation of chocolate 3D food printing through 3D modeling
- [4] Dae-Hee Le, . A Study on Revitalization for Developing Cuisine Products of 3D Food Printing: Focused on Chocolate Product
- [5] Min-Jeong Kim. Food 3D Printing Technology and Food Materials of 3D Printing