

식품 인쇄 적성 증진제의 전단탄성률 예측 신경망 설계

유현주, 문남미^{*1)}

호서대학교 벤처대학원 융합공학과

jar21@toptable.co.kr, nammee.moon@gmail.com

Neural Network Design for Predicting Shear Modulus of Food Printability Enhancers

Hyun-Ju Yoo, Nammee Moon

Dept. of Convergence Engineering, Hoseo Graduate School of Venture

요 약

인쇄 적성 증진제는 식품용 3D 프린팅에서 겔화 소재의 인쇄 적성을 향상시키는 요소 중 하나이다. 이 때, 인쇄 적성 증진제의 평가는 전단응력을 받을 때 일어나는 변형의 정도를 나타내는 전단탄성률 기반으로 한다. 그러나, 전단 탄성률 측정은 식품 원재료의 다양함으로 인해 소재별로 측정하는데 많은 시간과 비용이 소요되는 단점이 있다. 이에 본 연구에서는 FCN과 RNN을 사용하여 전단탄성률을 예측하는 신경망 설계를 제안함으로써 인쇄 적성 증진제의 전단탄성률을 측정하는 시간과 비용을 절감하고자 한다.

1. 서론

3D 푸드 프린팅은 CAD(Computer-Aided Design) 프로그램 또는 스캐너 등에서 취득한 3D 디지털 디자인에 재료 구성비 및 영양 데이터 등을 추가하여 식품을 3차원 조성물로 재구성하는 기술이다.[1] 3D 푸드 프린팅에서는 잉크 소재별로 다른 물성(rheology)에 의해 인쇄 적성(printability)이 상이하므로 인쇄 거동과 품질에 영향을 미치는 푸드 잉크 조성법이 중요하다. 푸드 잉크 중 밀가루, 고기, 과채류와 같은 재료들은 압출 용이성 및 형상 유지력을 위해 하이드로콜로이드(hydrocolloids) 계열의 인쇄 적성 증진제(printability enhancers)를 필요로 한다.[2]

인쇄 적성 증진제의 인쇄 증진 평가는 전단 탄성률로 평가할 수 있다. 하지만 인쇄 적성 증진제의 종류가 다양하며 전단 탄성률을 측정하는데 많은 비용과 시간을 필요로 한다. 본 연구에서는 겔화 소재에 적용되는 인쇄 증진제의 전단탄성률 예측하는 신경망 설계를 통해 인쇄 적성 증진제의 평가에 비용과 시간을 절감하는데 기여하고자 한다.

2. 관련 연구

1) 인쇄적성 및 전단탄성계수

1) 교신저자

인쇄적성(printability)은 푸드 잉크가 노즐에서 압출되어(extrudability, 압출용이성), 일정한 흐름성을 유지하며(flowability, 유동성), 형태의 변화나 붕괴없이 유지할 수 있는 능력(stability, 형상유지력)으로 정의할 수 있다.[3]

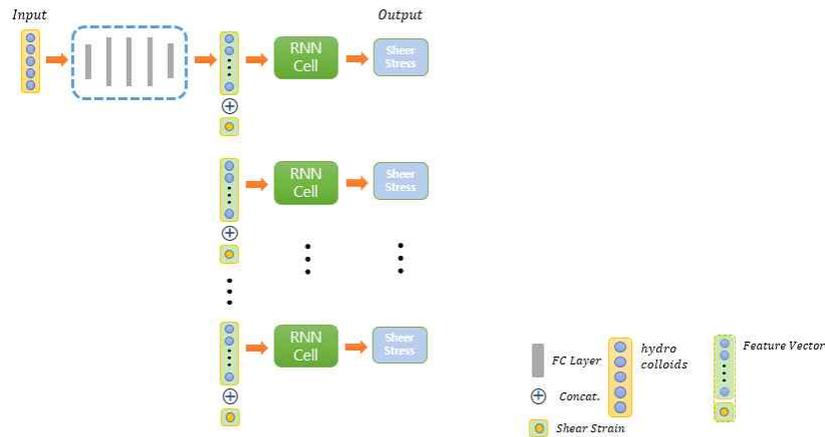
식품 소재의 인쇄 적성 평가를 위해서는 유변학에서의 유체의 전단탄성률을 통해 평가된다. 전단력(shear)은 물체의 표면에 평행하게 작용하는 힘으로, 물성학에서는 아래의 (식 1)과 같이 힘을 물체의 작용면적으로 나눈 응력(stress)를 지표로 사용한다.

$$\text{응력}(\sigma) = \frac{F}{A} \quad (\text{식 1})$$

$$F : \text{힘}(N) \quad A : \text{면적}(m^2)$$

2) 3D 프린팅 분야에서의 인공 지능 적용

일반적인 3D 프린팅 분야는 대부분 장비의 모니터링 및 공정 인자를 예측하는 분야에서의 연구가 진행되어왔다.[4] 이는 3D 프린팅의 잉크 소재가 인쇄 적성에 미치는 영향보다 장비와 공정 인자가 인쇄 적성에 미치는 영향이 더 크기 때문이다. 하지만 3D 푸드 프린팅에서의 잉크 소재는 인쇄 적성을 결정하는 중요한 인자로 작용하기 때문에 잉크 소재를 고려하여야 한다. 따라서 인공 지능의 활용은 3D



(그림 1) 인쇄 적성 증진제의 전단 탄성률 예측 신경망

프린터 분야에서 기존의 연구보다 잉크 소재에 적용할 수 있는 인공지능 알고리즘의 개발이 중요하다.

인공 지능은 기존의 퍼셉트론 구조에서 컴퓨터 하드웨어의 발전함에 따라 신경망의 깊이는 더 깊어져 데이터 처리에 특화된 FCN(Fully Connected Network), 시계열 데이터에 특화된 RNN(Recurrent Neural Network) 등이 개발 되었다.[5][6] 본 연구에서는 데이터 처리에 특화된 FCN과 시계열 데이터 처리에 특화된 RNN을 복합 사용하여 신경망 설계를 진행하였다.

3. 신경망 설계

설계한 신경망은 (그림 1)과 같이 인쇄 적성 증진제의 구성 요소를 입력으로 받아 전단 탄성률을 예측한다. 전단 탄성률은 그래프 형태의 시계열 데이터이지만 신경망의 입력으로 인쇄 적성 증진제의 구성 요소는 단일 데이터의 형태이다. 따라서 FCN(fully connected network)을 사용하여 입력된 데이터의 정보를 추출하고 전단 변형률(shear strain)의 값과 결합하여 특징 벡터(feature vector)를 생성하였다. 여기서 전단 변형률의 값은 그래프 상에서 측정에 사용된 배열의 요소를 순서대로 추출한 값이다. 이후 RNN(recurrent neural network)을 사용하여 전단 변형률에 상응하는 전단 응력(shear stress)값을 예측하여 전단 탄성률을 도출할 수 있도록 설계하였다.

4. 결론 및 고찰

본 연구에서는 인쇄 적성 증진제의 전단 탄성률 예측하기 위해 인쇄 적성 증진제의 배합과 전단 탄성률 데이터로 학습할 수 있는 전단 탄성률 예측

신경망을 설계함으로써 다양한 조합의 인쇄 적성 증진제의 전단 탄성률을 예측할 수 있게 하였다. 설계한 신경망을 통해 인쇄 적성 증진제의 전단 탄성률을 예측하여 비용과 시간의 절감을 기대할 수 있다.

참고문헌

- [1] Hyun Woo Kim, Hyun Jim Park, "Classification and standardization of food-ink system for 3D printing technology", School of Life Sciences and Biotechnology, Korea Univ, pp. 31, 2019.
- [2] Iman Dankar, Amira Haddarah, Fawaz EL Omar, Francisc Sepulcre, Montserrat Pujolà, "3D printing technology: The new era for food customization and elaboration", Trends in Food Science & Technology, vol. 75, pp.231-242, 2018.
- [3] Ezgi Pulatsu, Mengshi Lin, "A review on customizing edible food materials into 3D printable inks: Approaches and strategies", Trends in Food Science & Technology, vol. 107, pp.68-77, 2021.
- [4] D. Saha, S. Bhattacharya, "Hydrocolloids as thickening and gelling agents in food: A critical review", Journal of Food Science & Technology, vol. 47, pp. 587-597, 2010
- [5] Dabal Pedamonti, "Comparison of non-linear activation functions for deep neural networks on MNIST classification task", Cornell University, Computer Science, 2018.
- [6] LR. Medsker, LC. Jain, "Recurrent neural networks: design and applications", University of Groningen, CRC Press, 1999.

* 본 연구는 2021년도 중소벤처기업부의 스마트서비스 ICT솔루션 개발사업(S3084459)의 지원에 의한 연구임.