

식품업체 동향

인공지능 기술의 식품 R&D 적용 동향

김 은 서

CJ제일제당 Open Innovation 팀

서 론

인공지능(Artificial intelligence, AI)은 뇌의 뉴런 신경망을 모방하여, 인간의 학습, 추론, 지각능력을 컴퓨터로 구현한 기술이다. 1956년 다트머스대 존 매카시(John McCarthy) 교수에 의해 그 개념이 처음 정의된 후, 절대적인 데이터양의 부족과 데이터 처리기술의 한계로 부침을 겪기도 하였으나, 최근 정보통신기술의 비약적인 발전과 머신러닝(machine learning) 또는 딥러닝(deep learning) 등의 학습 기반 AI의 출현으로 이를 극복하고 중흥기를 맞이하고 있다. 현재는 인간이 처리하기 어려운 복잡한 연산이나 방대한 양의 데이터 분석을 위한 혁신기술로서 자리매김하였으며, 인간지능의 모방이라는 막연한 목표(strong AI)보다는 현실에서의 문제해결을 위한 도구(weak AI)로써 다양한 분야에서 활용되고 있다.

머신러닝 또는 딥러닝으로 대표되는 현대의 AI 기술은 반복적인 학습을 통해 데이터 분류(classification)의 오류를 줄이고, 연속되는 데이터들의 관계(regression)로부터의 예측 정확도를 향상시킬 수 있다. 따라서 AI의 효과적인 활용을 위해서는 다양한 상황과 변수에서도 목적하는 결과를 정확하게 분석, 예측할 수 있도록 학습시키기 위한 고품질의 대규모 데이터 확보가 전제된다. 이에 정형화된 데이터(structured data)가 축적되어 있는 운송, 물류, 관광 등의 산업 분야로부터 선제적으로 AI가 적용되어 온 반면 식품산업의 경우, 특히 식품 연구개발 분야에서의 적용은 맛, 향과 같은 관능 데이터의 비정형적(unstructured data) 특성 등의 문제로 상대적으로 뒤처져왔다. 그러나 최근 하드웨어와 데이터 정제(data cleansing) 기술의 발전으로 정형데이터 확보가 용이해지면서 식품 연구개발 분야에서도 다양한 형태의 AI 적용이 시도되고 있다. 본 원고에서는 식품산업의 범위 중 타 산업에도 범용적으로 적용되는 유통, 물류 분야를 제외한 식품 연구개발 분야에서의 AI 적용사례들에 대해 다루어보고자 한다.

자연어 처리기술 기반 소비자 분석

정보통신기술 발달로 개인의 의사표현 창구와 생활기록(life-log) 전반이 디지털 공간으로 수렴하면서, 솔직한 소비자의 생각을 분석할 수 있는 전례 없는 기회가 온라인 빅데이터로부터 발생하였다. 방대한 양의 빅데이터 분석에는 학습을 통해 인간의 언어를 이해하도록 프로그래밍 된 자연어 처리기술(Natural Language Processing, NLP)이 사용되고 있다. 학습시키는 언어에 의존적으로 구현되는 NLP 특성상 식품 분야에서는 연구개발에 특화된 데이터를 학습시켜 제품개발에서 고려해야 하는 관능특성과 품질지표까지 분석해 낼 수 있는 형태로 발전해왔다. 관능지표 관련 용어들과 함께 문맥으로부터 표현의 긍정/부정을 판별(감성분석, sentiment analysis)할 수 있도록 학습시킨 AI를 활용하여 온라인 소비자 리뷰로부터 제품의 관능특성을 분석한 연구가 보고되어 있다(그림 1). 해당 연구의 소비자 리뷰 데이터의 빈도(frequency)를 강도(intensity)로 치환하여 분석한 제품의 관능특성 결과는 실제 패널들이 평가한 관능특성과 유의적인 차이를 보이지 않았으며, 이에 AI를 통한 시간과 비용 소모가 큰 전통적인 관능평가의 대체 가능성을 제시하였다. 이처럼 시장변화와 소비자 니즈에 신속하고 효과적으로 대응하기 위한 빅데이

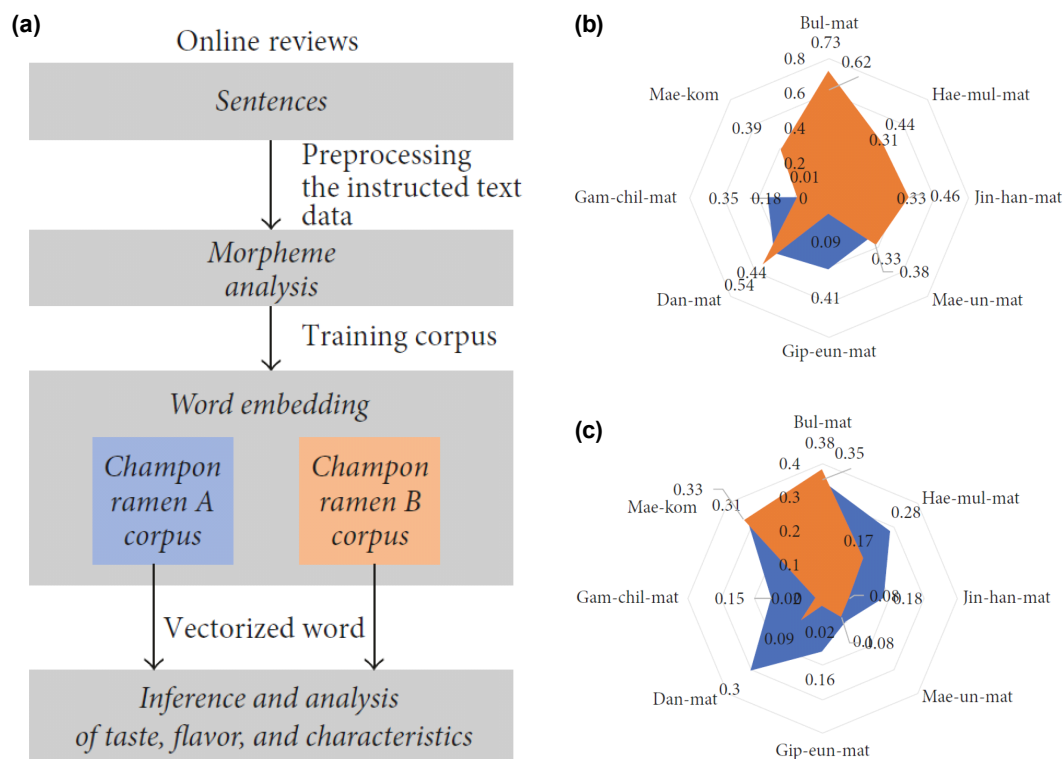


그림 1. 소비자 리뷰 기반 제품의 관능특성 분석.
 자연어 처리기반 분석모델(a), 면(b)과 국물(c)에 대한 관능특성 분석 결과.
 출처: Kim et al., Comput Intell Neurosci, Article ID 9293437(2018)

터 분석 역량이 기업의 핵심 경쟁력으로 부상하면서, 최근 Nestle, PepsiCo, Danone 등의 글로벌 식품기업들은 식품산업의 거시적 동향부터 제품의 세부 속성별 소비자 선호지표까지 분석 가능한 AI 기반의 실시간 빅데이터 분석 기술들과 협업해 나가고 있다.

데이터 기반 식품소재 연구

AI의 연구개발 적용은 제약산업에서 효율적 자원관리와 연구 실패 위험감행을 목적으로 신약 스크리닝, 후보물질 효능 예측 등에 선제적으로 적용되어 왔는데, 최근 식품에서도 유사한 형태의 데이터 기반 연구들이 시도되고 있다. 식품가공 측면에서 단백질은 유화, 증점, 겔착 등의 다양한 물리화화적인 기능을 수행하는데 이러한 기능성은 단백질의 분자구조적인 특성으로부터 기인한다. 이에 물리화학 이론에 기반한 아미노산 조합과 단백질 구조에 대한 데이터베이스로부터 AI를 활용하여 목적하는 단백질과 유사한 기능을 할 수 있는 안정한 대체 소재의 구조를 예측하는 기술들이 보고되어 있다. 현재 글로벌 식품소재 기업인 CP Kelco는 해당 기술을 보유한 스타트업에 투자하고, 식물성 대체육 가공 시 겔착제로 사용되는 methylcellulose나 가공과정 중 다양하게 활용되는 동물성 단백질 gelatin을 기능적으로 대체할 수 있는 소재 개발을 위해 협업하고 있다. Danone의 경우에는 천연물 유래 신규 기능성 물질 발굴과정에서 AI 기술과 협업하고 있다. 해당 기술에서는 약 200만 개 수준의 천연물 유래 유용성분들과 실험적으로 검증된 이들의 생리활성 분석 결과 데이터베이스를 구축하였으며, 이로부터 미지의 소재가 가지는 생리활성을 예측하거나, 목적하는 생리활성을 발현하는 후보물질을 선별해 낼 수 있다. 특히, 데이터 학습을 통해 단순 생리활성 분석 이상으로 생체적용 환경에서의 이용효율 등 전반적인 통찰을 제공하므로, 해당 기술 적용을 통해 비용과 시간 소모는 줄이면서 연구의 성공률은 향상시킬 수 있을 것으로 보인다.

센서 기반 데이터 정량화 기술과 품질관리

식품 연구분야는 원료의 낮은 순도와 가공과정에 관여하는 다양한 변수로 인해 결과물의 표준화가 어렵고, 핵심 품질지표로 관능분석 데이터가 사용된다는 점에서 정형데이터 확보 난이도가 상대적으로 높다. 그러나 최근 전자센서 기술들의 발전으로 정성적인 관능특성 데이터의 정량화(digitalization)가 가능하게 되면서 식품 연구분야 내 AI 적용기회가 열리고 있다. 기존의 대표적인 향미 정량화 기술인 가스크로마토그래피-질량분광기(GC-MS)는 분석 난이도가 높고 분석에 시간 소모가 크다는 문제가 있었으며, 분자단위에서의 분석 결과와 실제 인지되는 관능특성 간 상관관계 규명이 필요하다는 한계가 있었다. 반면, 전자코(electronic nose)와 같은 전자센서 기반 접근법의 경우 단시간에 편리하게 식품의 개별 향미 성분과 전체적인 향기 패턴을 동시에 분석이 가능하여 적용성이 우수하다. 최근의 전자코 기술은 AI를 활용하여 분석정확도 향상과 함께 분석값과 실제 인지되는 향미의 특성과 수준을 예측하고, 향미 패턴 데이터베이스로부터 미지의 향미에 대해 정의할 수 형태로 발전해나가고 있다.

센서로부터 분석된 정량 데이터 기반 AI 적용 기술은 제품이나 원물의 품질관리 분야에 응용되고 있다. 센서를 통해 자연 상태의 원물 및 목적하는 제품으로 원물이 가공된 상태에서의 향기 패턴 데이터를 분석하고, 영양소 조성 같은 원물의 품질지표와의 상관관계 분석을 통해, 향후 제품화까지 고려한 원물의 종합적인 품질수준을 분석, 예측할 수 있는 AI 기술이 개발되어 있다. 해당 기술은 이화학적 실험을 수반하지 않는 신속하고 비파괴적인 분석 기술로 입고 과정 등 실제 환경에서의 기술 적용이 용이하며, 차, 커피, 허브와 같은 휘발성 향미성분을 가진 원물부터 쌀, 콩과 같은 곡류까지 적용이 가능하다. 현재 Cargill, Sucafina, Sinar Mas와 같은 다양한 원료 공급사들이 원물의 품질관리 또는 제조사와의 거래 과정에서의 객관적인 품질지표 제공을 위해 해당 기술과 협업하고 있다.

제품개발 가속화를 위한 의사결정지원시스템

다양한 원료들의 조합으로 구현되는 식품은 원료의 종류, 조합, 비율, 배합조건 등에 따라 물리화학적 또는 관능적 특성이 영향을 받는다. 따라서 제품개발 과정에서 다양한 조건변수에 대한 제품 테스트가 수반되어야 하지만, 물리적인 한계로 인해 실제 실험으로 검증 가능한 조합의 수에는 한계가 있다. 이에 제품개발 분야에서의 AI 적용은 데이터 기반 시뮬레이션을 통해 연구자의 의사결정을 지원할 수 있는 형태(Decision support system, DSS)로 시도되고 있다. 해당 분야는 상기에서 설명한 전자센서 기술의 발달에 따른 비정형의 관능 데이터의 정형화에 힘입어 고도화되고 있다.

Carlsberg는 덴마크 오르후스대와 Microsoft와의 공동연구를 통해 각각 다양한 발효 조건에서 맥주의 향미 성분을 분석할 수 있는 센서와 이로부터 감지된 디지털 신호를 분석하기 위한 머신러닝 기반 인공지능 솔루션을 개발하였다. 이를 통해 맥주 품질에 관여하는 곡류, 홉(hop), 효모의 종류와 혼합비율, 공정조건에 따른 향미 데이터베이스를 구축하여, 맥주의 발효공정 관리를 통한 최적화와 신제품과 제품확장을 위한 연구개발 프로세스 가속화에 적용하고 있다. 또한, AI를 활용하여 향미 분석 데이터로부터 식품 원료의 조합을 분석, 예측할 수 있는 기술이 개발되어 있다. 해당 기술에서는 분석된 향미 데이터를 일정한 체계를 통해 분류하여 원료나 제품의 향미 특성을 설명(description) 가능한 형태로 프로파일링하였으며, 축적된 프로파일 데이터베이스로부터 AI를 활용하여 원료 간 상관관계를 분석하였다. 이를 통해 풍미를 향상시킬 수 있거나, 상호보완적으로 상성이 좋은 원료 간의 조합들을 예측, 제안이 가능하다. 특히, 인간의 고정관념으로는 생각하기 어려운 새로운 원료 조합의 도출이 가능하며, Nestle, Unilever, Pepsico, Heineken 등의 글로벌 식품기업들은 혁신적인 제품개발을 위한 기술로써 협업을 수행하고 있다.

대체 단백질 연구 분야에서는 비동물성 원료 데이터베이스로부터 목적하는 동물성 단백질 제품의 식품학적 특성을 모사할 수 있는 원료 조합을 예측할 수 있는 기술들이 보고되어 있다(그림 2). 관련 기술의 데이터베이스는 개별 원료의 분자구조, 영양소 조성, 향미 특성과 함께 가격 정보들도 함께 구성되어 있어, 구현하고자 하는 지표의 우선순위

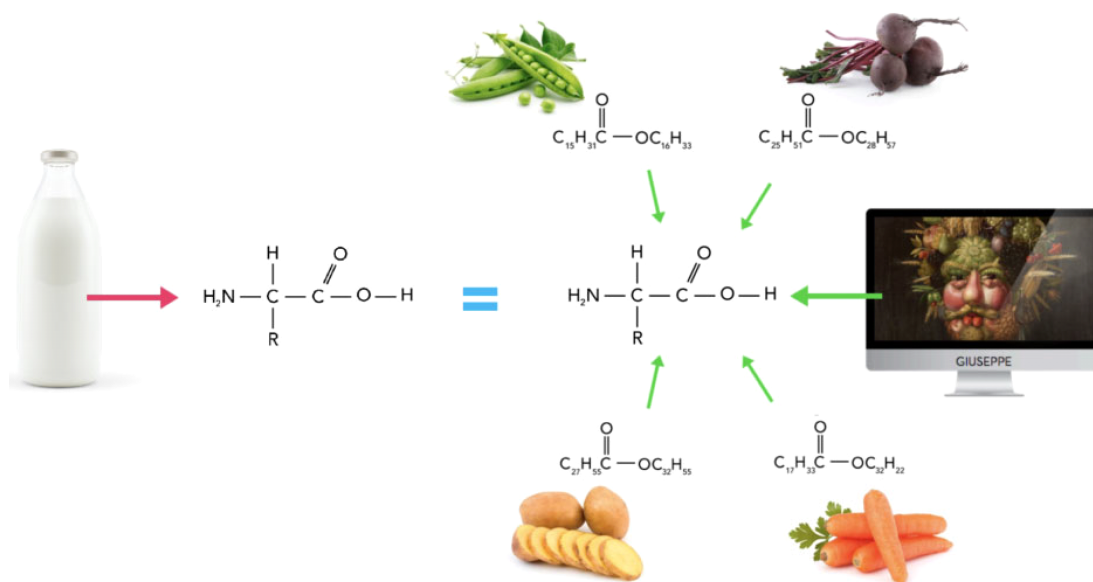


그림 2. AI와 데이터 기반 단백질 모사제품 연구개발 시뮬레이션 모델.
출처: Not Co社の Giuseppe 시스템.

에 따라 다양한 조합들을 분석, 예측해 낼 수 있다. 또한, 원료 조합들에 대하여 시간당 약 10,000회 수준으로 시뮬레이션이 가능하며, 전통적인 제품개발 프로세스를 가속화 할 수 있는 기술로 주목받고 있다. 현재 Kellogg는 해당 기술을 보유한 선진 스타트업과 합작 법인(Joint venture)을 설립하였으며, 대체육, 대체 유제품과 같은 다양한 대체 단백질 제품개발 과정에서 협업을 수행하고 있다.

결 론

산업계 전반에서 AI 기술 적용은 거스를 수 없는 흐름으로 글로벌 식품기업들은 해당 분야 내 필요 역량의 선제적인 확보를 위해 치열하게 경쟁하고 있다. CJ제일제당 역시 글로벌 식품기업으로서 양질의 데이터와 AI 역량 확보를 위한 내부활동과 외부 혁신기술들에 대한 투자와 협업을 수행하는 개방형 혁신(open innovation) 활동을 병행하며 체계적으로 미래를 준비해나가고 있다. 또한, 구성원들의 데이터를 활용하여 문제를 해결할 수 있는 능력(data literacy) 향상에도 많은 노력을 기울이고 있다. 식품 연구 분야 내 AI 적용에는 여전히 한계들이 존재함에도 불구하고, 본 원고에서와 같이 가능성을 엿볼 수 있는 다양한 시도들이 수행되고 있으며, 이를 통해 식품이라는 분야적 특이성을 극복하고, 향후 식품 연구의 패러다임을 혁신할 수 있기를 기대해본다.