

식품안전관리망 강화를 위한 블록체인 기술 도입의 적절성 평가

권소영 · 민경세* · 조승용
식품안전정보원 식품안전연구부

Evaluation of Introducing Feasibility of Blockchain Technology to Food Safety Management Network

So-Young Kwon, Kyong-Se Min*, Seung Yong Cho

Department of Food Safety Research, National Food Safety Information Service

(Received August 29, 2019/Revised September 6, 2019/Accepted October 7, 2019)

ABSTRACT - The appropriateness of introducing blockchain technology into food safety management systems was evaluated by conducting a survey of experts on the effectiveness and constraint evaluation indicators, and a portfolio analysis was conducted to set the priorities of blockchain application. The food safety management activities considered in this study were issuing documents on food import/export, food hygiene rating scheme, civil complaint management in the food sector, food-related certification, risk information management, and food traceability systems. The sectors that can be expected to be effective in the introduction of blockchain technology were food-related certification, food hygiene rating scheme, risk information management, and issuing documents on food import/export. In the case of food traceability systems and civil complaint management, the introduction of blockchain technology was not recommended due to ineffectiveness. From the evaluation of the constraints (e.g., technical limits, cost, legal amendment, personal information disclosure, timeliness, and ease of connection) to be overcome when introducing blockchain into food safety management, it was found that there are more than average constraints in all six areas. In particular, the food traceability system was evaluated to have the most constraints. Issuing documents on food import/export is very effective with the introduction of blockchain technology, but due to high cost and legal restrictions, it is necessary to improve the institutional system in order to introduce blockchain. Among the evaluation sectors, food-related certification, food hygiene rating scheme, and risk information management on foods were suitable for preferentially adopting blockchain technology since these areas might experience greatly improved reliability and transparency through the introduction of blockchain, with relatively low constraints.

Key words : Food safety management system, Blockchain, Feasibility evaluation, Indicators

블록체인이란 탈중앙화(Decentralization)로 중개자 없이 분산디지털장부를 통해 공개적으로 거래기록을 공유하고, 기존 거래 정보를 검증하고 기록 및 보관하며, 공인된 제3자의 기관 없이도 신뢰성을 확보해 주는 기술이다.

블록체인 기술의 기본개념은 노드(node)라고 불리는 시스템의 행위자들이 각각의 거래 상황들을 네트워크 전체에 분산된 방식으로 저장하는 동등 계층 간 통신망(peer-to-peer 네트워크, P2P 네트워크)을 사용하여 디지털자산을 거래할 수 있도록 한 것이다. 모든 거래는 일종의 합

의 메커니즘을 사용하여 네트워크의 노드에 의해 결정된다. 즉, 거래가 P2P 네트워크에 입력될 때마다 노드는 먼저 거래의 유효성을 검사하고, 노드들이 거래의 합법성에 동의하면 이 거래를 블록으로 작성하고 이전의 블록체인에 추가된다. 이렇게 블록은 각 노드들의 합의된 견해를 유지하면서 체인을 형성하므로 블록체인은 거래의 투명성과 신뢰성을 확보하고 있다¹⁾.

블록체인은 식품산업분야에서도 활용하는 사례가 늘어나 미국에서 중국으로 대두를 수출하는 거래에 블록체인 플랫폼을 이용하여 문서 및 데이터 처리 소요시간을 기존에 비해 1/5로 감소시킨 바 있다²⁾. 한편, 월마트는 IBM의 블록체인 플랫폼을 이용하여 돼지고기와 망고를 생산부터 유통까지 추적하여 식품의 안전성과 투명성을 제고하였다. 시범 사업을 각각 중국과 미국에서 추진하여 제품에 문제

*Correspondence to: Kyong-Se Min, Department of Food Safety Research, National Food Safety Information Service, Seoul, 03127, Korea
Tel: +82-2-744-8160, Fax: +82-2-6020-8203
E-mail: ksmin@foodinfo.or.kr

발생 시 이전에는 1주 이상 조사해야 확인할 수 있었던 원인을 수초에 파악할 수 있었다고 밝혔다^{3,4)}.

세계 각국에서 블록체인이 다양한 분야로 확대되어, 기업뿐 아니라 공공행정 서비스 분야에서도 블록체인 적용이 확장되고 있다^{5,6)}. 두바이는 2016년 ‘두바이 블록체인 전략’에서 2020년까지 적용 가능한 정부서비스에 100% 블록체인을 적용하여 효율성을 높일 것이라고 하였다⁷⁾. 영국 정부는 2016년부터 과학부를 중심으로 국가 차원에서 블록체인의 공공서비스 도입을 추진하고 있다. 우리나라는 2018년 과학기술정보통신부에서 ‘블록체인 기술 발전전략’을 발표하였고, 블록체인의 우수 활용사례 발굴을 위하여 축산물 이력제 등 6대 시범사업을 추진하였다. 블록체인 기술을 축산물 이력제에 도입하면 각 유통단계별 이력정보는 물론 각종 증명서를 공유하게 되어 신뢰성 및 신속성을 향상시킬 수 있고, 위·변조 방지 및 다양한 편의 기능을 제공할 수 있게 된다⁸⁾.

따라서, 현재 식품안전 분야에서의 활용도가 미미한 블록체인을 식품안전관리 분야에 활용하기 위하여, 블록체인이 지니는 장단점을 고려한 적용 가능성 모색이 필요하다. 또한 블록체인을 활용하여 식품안전관리망 강화에 기여할 수 있는 분야와 업무를 탐색할 필요가 있다⁹⁾. 이에 본 연구는 정부의 식품안전관리 업무 중 블록체인의 특성과 장점을 고려하여 블록체인 기술이 도입 가능한 분야를 도출하였다. 이들 도입이 가능한 분야에서의 블록체인의 도입 적절성을 판단하기 위해서 세부지표를 개발하여 평가하였다.

Materials and Methods

블록체인 도입 가능한 식품분야 선정

식품안전관리 시스템 중 블록체인 기술의 도입이 가능한 분야를 선정하기 위하여 2018년 식품의약품안전처의 업무 소개자료, 식품안전관리지침 및 보도자료 등을 검토하였다. 이에 식품안전관리망을 이용하는 업무 중 블록체인을 도입할 수 있는 식품안전 관리업무 6가지 분야를 도출하였다. 본 연구에서 블록체인 기술을 도입할 대상 업무로 검토한 식품안전 관리 분야는 1) 국가 간 수출입 식품관련 증명서 발급 및 교환(이하 수출입 증명), 2) 식품제조·가공업체/음식점 위생등급제 운영(이하 위생등급제), 3) 식품 민원처리 및 청원 관리(이하 민원처리), 4) 식품 관련 인증(이하 인증), 5) 식품안전 관련 위해식품 정보관리(이하 위해정보), 6) 식품 이력추적관리제도(이하 이력추적)이었다.

블록체인 도입 대상 식품안전관리 분야의 효과성 측정

블록체인을 식품안전관리분야에 도입 시 효과성을 평가하기 위하여, 블록체인의 특성과 장점을 종합적으로 고려하여 신뢰성(reliability), 효율성(efficiency), 경제성(economic feasibility), 파급효과(impact), 투명성(transparency) 및 보안

성(security)의 6가지 세부지표로 구성된 평가척도를 개발하였다. 위의 6가지 세부지표는 리커트 3점 척도(+1점: 높다/0점: 보통/-1점: 낮다)를 사용하여 평가하였다.

블록체인 도입 대상 식품안전관리 분야의 제약성 측정

블록체인의 단점 및 한계 등을 고려하여 기술 한계(technical limitations), 구축/교체 비용(cost), 법·제도 개정(legal amendment), 개인정보 노출(personal information disclosure), 시의 적절성(timeliness) 및 연계 용이성(ease of connection)의 6가지 세부지표로 구성된 평가척도를 개발하였다. 각 세부지표는 리커트 3점 척도(+1점: 높다, 0점: 보통, -1점: 낮다)를 사용하여 평가하였다.

지표의 측정 및 포트폴리오 분석

블록체인의 식품분야 도입 가능성 파악을 위해 효과성과 제약성에 대해 전문가들을 대상으로 설문조사와 양적 분석(Quantitative Analysis)을 하였다. 델파이(Delphi) 조사 방법을 원용해서 구조화된 질문지(Structured Questionnaire)를 이용한 자기기입식 설문조사(Self-administrated survey)를 진행하였다.

조사 표본은 기관, 업무 및 연구경력을 고려하여 유의적으로 판단표집(purposive sampling)하였으며, IT(Information technology)/SI(System integration) 산업체의 블록체인 기술 전문가 4명, 식품업체 블록체인 전문가 3명, 학계 및 관련 연구기관 소속 연구원 10명, 그리고 관련 업무 공무원 3명 등 전문가 20명을 대상으로 전자 우편을 통하여 설문지를 송수신하여 조사를 실시하였다. 조사 내용은 블록체인을 활용한 식품안전관리의 6가지 관련 업무에 대한 서비스 효과성 및 제약성을 평가하는 것이었다. 평가기간은 2018년 11월 한 달 동안 진행하였다.

블록체인 기술이 도입 가능한 업무의 우선순위 설정을 위해 포트폴리오(portfolio) 분석을 제약성과 효과성의 가중평균값을 각각 X 및 Y축으로 하는 직교 좌표표를 도출하여 분석하였다.

자료의 신뢰성 검증

조사의 신뢰성 검증은 SPSS 통계패키지 프로그램(SPSS 25.0 버전)으로 크론바흐의 알파계수(Cronbach's coefficient alpha)로 평가하였다. 평가 결과 변수들의 크론바흐 α 값이 0.7이상(효과성: 0.903, 제약성: 0.942)으로 기준치인 0.6보다 높아 신뢰성 있는 척도로 판명되어 통계분석을 진행하였다.

Results and Discussion

블록체인 도입 시 효과성 평가

블록체인 도입 시 6가지 효과성에 대해 설명하면 다음

과 같다. 먼저 신뢰성은 다수의 합의에 의해 원장에 기록될 정보가 확정됨으로써 담합, 공모 등의 문제를 해결할 수 있는 지표이다. 효율성은 업무 간소화 및 절차 프로세스 단축 등으로 시간절약의 의미를 포함하고 있다. 경제성은 사업비, 운영비 등 제반 비용을 절감하는 것으로 이는 직접비(직접재료비·직접노무비·직접경비)와 간접비 등 블록체인 도입 및 프로세스 개선에 따른 비용절감을 의미한다. 파급효과는 부처 내부의 관리업무뿐만 아니라 민간의 업무고도화도 지원할 수 있는 기능을 포함한다. 자동차 신규 등록 시 자동차 세금과 보험 납부가 연계되면 이용자에게 정보 검색과 선제적인 서비스 제공이 가능하다. 이와 같이 민간의 정보시스템과 정부 부처 간 연결 시 파급성이 있기 때문에 민간 시스템과의 연결(예: OpenAPI) 시에는 요청에 해당되는 데이터를 제공할 수 있게 된다. 투명성은 블록체인 시스템에서 공유된 정보 및 프로세스에 따라 공개적으로 업무가 처리되므로 문제 발생 시 보장을 받을 수 있음을 의미한다. 보안성은 블록체인 원장에 등록된 내용은 위·변조가 불가능하므로 데이터의 무결성(Integrity)을 확보하고, 원장의 내용이 모두 공개됨으로 비밀성이 없는 것을 나타내는 지표이다.

블록체인을 식품분야에 활용 시 각 업무별 효과성에 대한 분석 결과는 Table 1에 나타내었다. 수출입 증명 및 위생등급제 업무는 6가지 세부지표가 모두 보통(0점) 이상

의 점수를 받아 블록체인 도입의 효과성이 확인되었다. 인증 및 위해정보 업무는 각각 경제성 및 파급효과를 제외한 5가지 세부지표에서 보통 이상의 평가를 받았다. 한편, 이력추적 업무는 신뢰성 및 효율성을 제외한 세부지표가 모두 보통 이하였고, 민원처리 업무는 신뢰성을 제외한 모든 세부지표에서 모두 보통 미만으로 평가되어 다른 업무에 비해 블록체인의 효과성이 낮음을 예측할 수 있었다.

블록체인의 효과성의 각각 6가지 세부지표에 가중치(weight)를 고려해서 세부지표 합이 100%가 되도록 조정된 후 반영된 값을 분석 평가하였다(Table 3). 효과성의 세부지표 중 경제성의 가중치가 높게 평가된 반면 파급효과의 가중치는 낮게 평가되었다. 한편, 가중치를 적용하여 식품안전 업무부분별 블록체인 도입 시 효과성을 비교하였을 때, 수출입 증명, 위생 등급제의 효과성이 높았고, 이력추적 및 민원처리 업무의 효과성은 낮은 것으로 평가되었다.

블록체인 도입 시 제약성 평가

블록체인 도입 시 6가지 제약성에 대해 설명하면 다음과 같다. 먼저 기술 한계는 블록체인의 실제 업무 적용 시 기술 및 성능(용량, 속도 등) 부족의 문제를 의미한다. 구축/교체비용은 기존 시스템의 교체 및 신규 구축·운영 시 발생하는 제반 비용으로 블록체인의 도입으로 생기는 추

Table 1. The effectiveness assessment results for applying blockchain technology to food safety management network

Food safety management sector	Effectiveness indicators					
	Reliability	Efficiency	Economic feasibility	Impact	Transparency	Security
Issuing food import/export documents	1.00	0.64	0.43	0.50	0.43	0.71
Food hygiene rating scheme	1.00	0.33	0.22	0.44	0.50	0.33
Civil complaints management on food sector	0.61	-0.22	-0.33	-0.50	-0.06	-0.39
Food related certification	0.89	0.33	-0.11	0.22	0.61	0.50
Risk information management on food materials	0.69	0.31	0.15	-0.08	0.38	0.38
Food traceability system	0.34	0.06	-0.23	-0.19	-0.19	-0.09

Table 2. The constraint assessment results for applying blockchain technology to food safety management network

Food safety management sector	Constraint indicators					
	Technical limit	Cost	Legal amendment	Personal information disclosure	Timeliness	Ease of connection
Issuing food import/export documents	0.14	0.64	0.5	0.14	-0.14	0.36
Food hygiene rating scheme	0.00	0.50	0.17	-0.28	-0.22	0.44
Civil complaints management on food sector	-0.39	0.17	-0.28	0.61	0.22	0.00
Food related certification	-0.06	0.61	0.22	-0.33	-0.61	0.06
Risk information management on food materials	0.15	0.54	-0.15	-0.08	-0.31	0.31
Food traceability system	0.67	0.55	0.52	0.56	0.75	0.67

Table 3. Weight of indicators for evaluating overall effectiveness and constraints

Effectiveness indicators	Weight (%)	Constraints indicators	Weight (%)
Reliability	17.8	Technical limit	15
Efficiency	17.4	Construct/replacement cost	24.7
Economic feasibility	20.8	Legal and institutional amendment	25.6
Impact	13.5	Personal information disclosure	12.2
Transparency	14.3	Timeliness	10
Security	16.2	Ease of connection	12.5

가 비용을 말한다. 법·제도개정은 정부 또는 공공기관이 블록체인 시스템을 도입할 경우 전자문서, 전자서명과 스마트계약의 법적 효력 부여 등 법·제도 개정의 필요성을 의미한다. 개인정보 노출은 블록체인 시스템 도입 시 발생 가능한 개인정보에 대한 노출 위험과 실수 또는 고의로 블록체인 원장에 등록하는 경우 원장 데이터의 삭제 및 변경의 불가능에 따른 개인정보 노출 등을 포함한다. 시의 적절성은 시스템을 신규 및 재구축하는 경우 블록체인 도입의 용이성이며, 시스템 교체 주기와 맞물리거나 블록체인으로 기존 시스템의 문제를 해결 가능한 경우에 활용이 가능한 것을 나타내는 지표이다. 연계 용이성은 타 시스템, 타 부처 연계 또는 해외와 연계 필요 시 블록체인 연계가 가능한지 여부에 대한 판단을 의미한다.

블록체인 도입 시 업무별로 제약성에 대한 세부지표 결과는 Table 2에 나타내었다. 제약성의 세부지표 평균은 전반적으로 보통(0점) 이상의 대답이 많았으며, 이를 통하여 블록체인 활용 시 식품 관련 업무에 제약이 있다는 부정적 평가가 많음을 확인할 수 있었다. 6가지 업무 모두에서 교체/구축비용의 제약이 많다고 평가하였다. 그 밖에 수출입 증명 및 인증 업무는 법·제도 개정의 제약이 많다고 하였고, 위생등급제 및 위해정보 업무는 연계 용이성의 제약이 많다고 평가하였다. 한편, 식품민원 업무는 개인정보 노출(0.61점)에서 제약이 많은 것으로 나타났고, 식품이력추적 관리제도는 모든 지표에서 제약이 많은 것으로 평가되었다.

블록체인 적용 시 제약성 세부지표의 가중치(weight)를 측정된 결과, 제약성의 세부지표 중 법·제도 개선(25.6%) 및 교체/구축비용(24.7%)의 가중치가 높게 평가되었다. 반면, 시의 적절성의 가중치는 10.0%로 낮았다(Table 3). 가중치를 적용하여 식품안전 업무영역별로 블록체인 기술 도입 시 예상되는 제약성을 비교하였을 때, 식품안전 관련 모든 업무영역에서 블록체인 도입에 제약이 보통 이상으로 존재할 것으로 평가되었다. 그 중 이력추적 및 수출입 증명 업무에 많은 제약이 있을 것으로 평가되었다.

블록체인 효과성과 제약성의 포트폴리오 분석

식품안전 관련 관리업무에 블록체인 도입 적절성을 평가한 결과를 Fig. 1에 도시하였다. 블록체인 도입은 원점

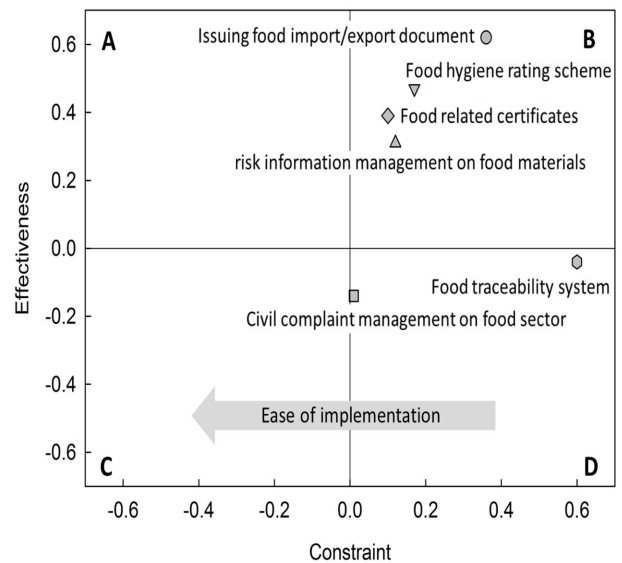


Fig. 1. Portfolio analysis result of blockchain applicability of food safety management network through evaluation of effectiveness and constraint index (Food safety management sectors in area A and B are expected to be more effective by adopting blockchain, while those in area C and D are not recommended in adopting blockchain due to their low effectiveness).

을 기준으로 양의 Y값을 갖는 A, B 영역을 우선적으로 추진할 수 있다. 또한, 제약이 적은 순서대로 블록체인의 도입을 우선적으로 추진하는 게 적절하다고 판단하였다. 반면, 원점을 기준으로 효과가 낮은 아래의 C, D 영역은 블록체인 도입 추진 자체에서 제외하도록 하였다.

포트폴리오 분석결과 블록체인 도입의 효과를 기대할 수 있는 A, B 영역의 업무는 식품인증, 식품위생등급제, 위해정보 및 수출입 증명 업무였으며, 블록체인 도입이 제외 평가된 C, D 영역의 업무는 이력추적 및 민원처리 업무였다. 식품 안전 분야 블록체인 연구는 대부분 이력추적 시 투명성 및 추적성 강화를 장점으로 도입의 적절성 및 필요성을 주장하고 있다^(10,11). 하지만 본 연구에서는 식품이력추적관리제도를 지원하는 식품이력관리시스템에 블록체인 기술을 적용하는 경우 경제성 및 파급효과 면에서 블록체인 도입의 효과를 제고할 수 없는 한계가 있다. 또

한, 교체/구축비용의 소요 및 현재 유통단계에서 식품 위생법상 이력추적관리의무 대상사업자가 아닌 가공식품·식품첨가물 판매업자 등이 블록체인에 참여하도록 하는 법·제도의 개정 필요 등 제약성이 높아¹²⁾ 식품이력추적관리를 블록체인 우선 도입 대상부문에서 제외할 것을 제안하고 있다. 이는 식품이력추적관리제도와 농·축·수산물 이력추적제도의 목적이 상이한데서 기인한다. 농·축·수산물의 경우 유통 제품의 원산지 등 위·변조의 위험이 있어 이력추적제도를 실시하고 있으며, 이때 블록체인 기술을 도입하면 공급망 내에서 투명성과 추적성을 강화하고 이력정보의 위·변조를 방지하여 제품의 신뢰성을 확보할 수 있다^{13,14)}. 반면에 식품이력추적 관리제도는 국가 식품안전관리체계의 일환으로 이력추적정보를 소비자에게 제공하여 소비자들이 안전한 식품을 선택할 수 있도록 한다. 또한, 식품안전성에 문제가 발생하는 경우 신속한 회수가 가능하도록 유통망내 해당 제품을 추적하기 위함을 그 목적으로 하고 있어, 위·변조 방지 등 블록체인 도입의 효과를 제고할 수 없는 한계가 있다¹⁵⁾.

블록체인 도입에서 제외하는 것으로 평가된 또 다른 업무인 식품 민원처리 업무는 위·변조가 안 되는 장점이 있다. 하지만 악성민원, 광고성 스팸, 개인정보 노출 등의 문제 발생 시 삭제할 수 없다는 문제가 오히려 단점이 되어 제약사항이 된 것이라 예측할 수 있었다.

블록체인 활용 추진업무 중에서 인증 업무는 수출입 증명 업무에 비해 효과는 상대적으로 낮지만 제약이 낮아 우선적으로 블록체인을 도입할 수 있다고 판단되었다. Feng¹⁶⁾은 블록체인을 HACCP 시스템에 도입하게 되면 모든 공급망 구성원들에게 식품의 안전 상태에 대한 정보를 실시간으로 전달하고, 중앙집중식 시스템의 위험을 감소시켜 보다 안전하고, 투명한 정보를 얻을 수 있을 것이라고 하였다. 또한 이러한 결과로 효율성과 투명성을 크게 향상시킬 수 있으며, 이것은 식품 안전 향상 및 식품 산업에 대한 소비자의 신뢰성 제고에 기여할 수 있을 것이라고 하였다. 즉 HACCP 시스템에 블록체인의 도입은 인증 업무 시 수반되는 다양한 업무 프로세스의 단순화와 서류 및 행정 처리를 간소화하여 비용과 처리시간을 감소시킬 수 있다. 블록체인에 기록된 정보는 투명하고 개방적이므로 제품 정보 검색이 간편해질 수 있으며 인증 정보 및 사후관리 정보의 투명한 관리를 통하여 신뢰성을 제고할 수 있을 것이다.

위생등급제 업무는 효율성 중 특히 신뢰성에서 높은 평가를 받았으며, 투명성에서도 좋은 평가를 받았다. 음식점 위생등급제에 블록체인을 도입하게 되면 정보의 위·변조가 불가능하고 정보공유 내용을 모두 공개하기 때문에 신뢰성 및 투명성을 보장할 수 있을 것이라 생각된다.

위해식품 정보 업무에 블록체인 도입 시 현재 여러 정부 부처와 규제기관들에서 다원화된 체제로 관리되고 있

는 위해식품 정보가 공급망의 모든 참여자들에게 투명하게 공유할 수 있다. 또한, 위·변조 및 수정 방지로 인해 가짜 또는 부패하기 쉬운 위해식품 정보를 관리함으로써 신뢰성을 제고할 수 있다.

수출입식품 문서 발급 및 교환 업무의 경우 다른 분야 업무에 비해서 상대적으로 블록체인의 효과성은 더 높은 것으로 조사되었다. 현재 종이 형태의 수출입 위생증명은 위·변조 및 분실 등이 우려된다. 만약 블록체인을 도입하게 되면 현재 종이 형태 증명서의 위·변조 방지 및 전자통관 업무 수행으로 인하여 보안성 및 효율성 등을 제고할 수 있다. 하지만 블록체인 도입 시 교체/구축비용, 법·제도개정, 연계 용이성 등 제약들이 많아 다음의 사항들이 선결되어야 한다. 첫째로 수출입 상대국과의 문서 발급/교환에 대한 외교적 합의가 필요하다. 둘째로 자국 및 상대국의 발급/교환된 문서의 원본 인정에 대한 법·제도 개정이 고려되어야 한다. 마지막으로 서로 다른 기종의 블록체인 플랫폼 간 상호연결성 확보를 위한 기술적 합의 등이 필요하다. 따라서 블록체인을 활용할 경우 중·장기적인 계획을 통한 체계적 추진이 필요할 것으로 생각된다.

Acknowledgements

본 연구는 식품안전정보원의 국가식품안전관리체계 선진화연구(2018)의 지원에 의해 수행되었음

국문 요약

수출입 증명, 위생등급제, 식품 민원처리, 식품 관련 인증, 식품 위해정보 관리 및 식품이력추적 관리제도 등 식품안전관리 시스템에 블록체인 기술도입의 적절성을 효과성과 제약성 평가지표에 따라 전문가 대상 설문조사를 실시하여 평가하였다. 식품안전 업무영역별 블록체인 도입 적절성에 대한 포트폴리오 분석을 진행하여 블록체인 도입 우선순위를 설정하였다. 블록체인 도입 시 효과를 기대할 수 있는 영역은 식품인증, 위생등급제, 위해정보 및 수출입 증명 업무였다. 반면, 이력추적 및 민원처리 업무의 경우 블록체인 도입의 효과성이 낮아 도입대상에서 제외할 것으로 평가되었다. 한편 조사된 6가지의 식품안전관리 업무영역 모두에서 블록체인 도입 시 비용, 법·제도 개정 등 보통 이상의 제약성이 존재하였다. 특히, 식품이력추적관리 분야는 도입 추진 시 가장 제약사항이 많을 것으로 평가되었다. 블록체인 도입 시 수출입 증명 업무의 효과는 높으나 비용과 법 개정 등 제약성이 높아 블록체인 도입을 위해서는 제도개선 등이 필요할 것으로 판단되었다. 평가대상 업무분야들 중 식품인증, 위생등급제 및 위해정보 관련 업무는 블록체인 도입 시 신뢰성과

투명성을 크게 향상시키면서 제약성이 상대적으로 낮아 블록체인을 우선적으로 도입하는데 적합할 것으로 평가되었다.

References

1. Narayanan, A., Bonneau, J., Felten, E., Miller, A., Goldfeder, S., *Bitcoin and cryptocurrency technologies: a comprehensive introduction*. Princeton University Press; Princeton, (2016).
2. Salah, K., Nizamuddin, N., Jayaraman, R., Omar, M., Blockchain-based soybean traceability in agricultural supply Chain. *IEEE Access*. **7**, 73295-73305 (2019).
3. Kamath, R., Food traceability on blockchain: Walmart's pork and mango pilots with IBM. *The Journal of the British Blockchain Association*. **1(1)**, 1-12 (2018).
4. Yiannas, F., A new era of food transparency powered by blockchain. *Innovations: Technology, Governance, Globalization*. **12(1-2)**, 46-56 (2018).
5. Ølnes, S., Ubacht J., Janssen M., Blockchain in government: Benefits and implications of distributed ledger technology for information sharing. *Government Information Quarterly*. **34(3)**, 355-364 (2017).
6. Lee, J., Yeup, Global blockchain use cases in public sector and implications. *Proceedings of Korean Society of IT Services*. Fall, 480-483 (2018).
7. Nordrum, A., Govern by blockchain dubai wants one platform to rule them all, while Illinois will try anything. *IEEE Spectrum*. **54(10)**, 54-55 (2017).
8. Creydt, M., Fischer, M., Blockchain and more - Algorithm driven food traceability. *Food Cont.* **105**, 45-51 (2019).
9. Kshetri, N., Blockchain and the economics of food safety. *IT Professional*. **21(3)**, 63-66 (2019).
10. Kim, E.-Y., A legal study on the improvements of food safety management system in China - Focusing on utilizing blockchain system. *Chinese Law Review*. **35**, 1-38 (2018).
11. Kang, Y., Food safety governance in China: Change and continuity. *Food Cont.* **106**, 106752 (2019).
12. Kim, H.-S., A legal consideration on the normative meaning and utilization of blockchain. *Han Yang Law Review*. **29(4)**, 169-194 (2018).
13. Caro, M.P., Ali, M.S., Vecchio, M., Giaffreda, R., Blockchain-based traceability in Agri-Food supply chain management: A practical implementation. Paper presented at: 2018 IoT Vertical and Topical Summit on Agriculture - Tuscany (IOT Tuscany) 8-9 May (2018).
14. Kamilaris, A., Fonts, A., Prenafeta-Boldú, F.X., The rise of blockchain technology in agriculture and food supply chains. *Trends Food Sci. Technol.* **91**, 640-652 (2019).
15. Hughes, L., Dwivedi, Y.K., Misra, S.K., Rana, N.P., Raghavan, V., Akella, V., Blockchain research, practice and policy: Applications, benefits, limitations, emerging research themes and research agenda. *Int. J. Inf. Manage.* **49**, 114-129 (2019).
16. Feng, T., A supply chain traceability system for food safety based on HACCP, blockchain & Internet of things. Paper presented at: 2017 International Conference on Service Systems and Service Management; 16-18 June (2017).