

기후변화와 통합적 푸드시스템

Climate Change and Integrated Food Systems

이서희 한국보건사회연구원 연구원
김정선 한국보건사회연구원 연구위원

기후변화는 자연 생태계와 인간·사회·경제활동에 미치는 영향이 크고 인류전체가 대응해야 할 부문으로 중요한 과제로 대두되고 있다. 기후변화가 예상보다 빠르게 나타나고 폭염, 호우 등의 이상기후가 빈번히 발생하면서 농림·수산·축산식품 분야에 대한 기후변화의 영향이 크게 증가하고 있다. 식품분야의 기후변화 영향이 증가함에 따라 대응 범위가 푸드체인(Food Chain)에서 푸드시스템(Food system)까지 확대되고 있다. 이에 따라 기후변화의 영향을 통합적 푸드시스템 관점에서 살펴보고, 이를 통한 국내에 적용 가능한 정책방향을 제시하고자 한다.

1. 서론

기후변화는 자연 생태계와 인간·사회·경제활동에 미치는 영향이 크고 인류전체가 대응해야 할 부문으로 중요한 과제로 대두되고 있다. 변화하는 기후변화 체계에 대응하는 방안은 크게 완화와 적응이라고 볼 때, 식품분야는 이미 발생했거나, 앞으로 발생하게 될 기후변화에 대해 적응하는 것에 더 많은 부분 관련이 있다고 볼 수 있다. 완화는 기후변화 영향을 줄이기 위한 전략으로서 기후변화를 유발하는 원인을 제거하거나 감축하는 일에 초점을 두는 것이고, 적응은 기후변화의 영향을 극복하기 위한 전략으로서 기후변화의 결과에 대한 대응에 중점을 둔

다. 식품분야에서의 기후변화 적응 방안을 마련하기 위하여 농림축산식품부에서는 「농림수산식품 분야 기후변화 영향 및 대응 계획」을 2012년에 마련하여 2020년까지 농업분야의 온실가스 배출전망치(BAU)의 35% 감축 및 산림분야 온실가스 흡수량 전망치 6% 향상과 이상기상 예측 등을 통한 수급불안 해소를 목표로 농업, 축산, 수산, 산림, 수자원 및 식품·유통 등 6개 분야에서 과제를 선정하여 추진하고 있다.¹⁾

기후변화로 농축산업과 수산어업이 변화하고, 이로써 전반적인 푸드체인(Food chain)과 식생활까지도 변화하게 된다. 푸드체인은 생산, 제조·가공, 유통, 소비와 같은 구조를 일컬으며, 푸드체인 보다 큰 범위인 푸드시스템(Food

1) 농림축산식품부 녹색미래전략과 보도자료(2011.05.11.)

system)의 경우 식품의 안전한 관리를 위해 건강, 환경, 경제, 사회, 문화적 보장 등을 포함하는 포괄적 관리체계를 말한다. 지구 온난화에 따른 기후변화가 심각해짐에 따라 단순한 푸드체인에 대한 연구뿐만 아니라 거시적인 안목으로 푸드체인과 푸드체인 관리로 생긴 결과까지 포함하게 되는 푸드시스템에 대한 연구의 필요성이 강조되고 있다.

따라서 이번 원고에서는 기후변화로 인한 통합적 푸드시스템의 영향을 살펴보고자 하며, 이를 통한 국내에 적용 가능한 정책방향을 제안하고자 한다.

2. 푸드시스템에서의 기후변화 현황

1) 우리나라의 기후변화로 인한 식품환경변화

우리나라는 지난 100년간(1911~2010) 평균 기온이 1.8°C 상승하여 세계 평균 0.75°C에 비해 2배 이상 상승하였다. 이것은 전 세계 평균을 상회하는 수치로 우리나라의 기후변화는 빠르게 진행되고 있으며 이에 따른 식품생산 환경변화를 살펴보면 다음과 같다.

기후변화에 따른 혹서 및 한파와 같은 온도변화 및 가뭄 홍수 등의 극한 기상인자뿐만 아니라 그보다 규모가 작은 환경인자들도 농업생산량에 영향을 미치게 된다. 또한 이상 저온 및 이상 고온현상은 식물의 초기생육 부진, 저온피

해, 병해충발생과 연관이 있다. 우리나라에서는 2010년 여름철 혹서 및 가뭄, 초가을 장마 및 태풍, 겨울철 혹한 발생으로 인하여 일 년 내내 배추를 재배하지 못할 정도로 이상기후가 심하게 발생한바 있으며, 이로 인하여 배추의 수급변동 폭이 증가함으로써 가격의 폭락과 폭등이 반복적으로 일어났다. 농업생산량 변화로 인한 수급 불균형은 인간의 식량생산 뿐만 아니라 축산업에서 이용하는 사료공급에도 영향을 미치므로, 축산업에 대해 2차적인 영향이 나타나게 된다. 수산어업분야에서는 기후변화로 인하여 어종과 어장이 달라지고, 우리나라에서는 1980년에서 2000년에 걸쳐서 고등어 어장은 10년에 42.7km 북상하였으며, 온난화 추세가 계속된다면 2018년의 고등어 어획은 EEZ(exclusive economic zone) 동쪽까지 북상할 것으로 예측된다.²⁾

2) 식품분야 기후변화 영향 주요 위해요소

식품분야에서 기후변화에 영향을 받는 주요 위해요소로는 크게 화학적 위해요소, 생물학적 위해요소, 인수공통전염병 등으로 나눌 수 있다. 화학적 위해요소에는 곰팡이독소의 증가, 농약 잔류량의 증가, 위해 미량 성분의 증가 및 필수 미량 성분의 감소, 환경오염물질의 증가를 볼 수 있고, 생물학적 위해요소로는 해양생물 독소의 증가와 식중독 발병률 증가 등이 있다. 푸드체인 각 단계에 영향을 주는 기후변화의 요인이 다르기 때문에 적용되는 위해요소들도 차이를 보인

2) 한국환경정책·평가연구원(2011). 기후변화에 따른 화학물질 위해성 관리방안 I.

표 1. 식품분야 기후변화 영향 주요 위해요소

화학적 위해요소	곰팡이독소 (mycotoxin)	곰팡이	생산되는 곰팡이 독소	
		<i>Aspergillus parasiticus</i>	Aflatoxins B1, B2, G1, G2	
		<i>Aspergillus flavus</i>	Aflatoxins B1, B2	
		<i>Fusarium sporotrichioides</i>	T-2 Toxin	
		<i>Fusarium graminearum</i>	Deoxynivalenol(or nivalenol)	
		<i>Fusarium moniliforme</i> (<i>F. verticillioides</i>)	Zearalenone	
		<i>Penicillium verrucosum</i>	Fumonisin B1	
		<i>Aspergillus ochraceus</i>	Ochratoxin A	
	미량성분	토양	비소(As)	
			카드뮴(Cd)	
납(Pb)				
	해양	수은(Hg)		
<i>PAHs</i> (Polycyclic aromatic hydrocarbons)				
생물학적 위해요소	해양 생물 독소	Poisoning	Functional group	Species
		<i>diarrhetic shellfish poisoning</i> (DSP)	dinoflagellates	Prorocentrum sp., Dinophysis sp., Protoperidinium sp.
		<i>paralytic shellfish poisoning</i> (PSP)	dinoflagellate	Alexandrium sp.
		<i>neurotoxic shellfish poisoning</i> (NSP)	dinoflagellate	Gymnodinium sp.
		<i>amnesic shellfish poisoning</i> (ASP)	diatoms	Pseudo-nitzschia sp.
		<i>ciguatera fish poisoning</i>	dinoflagellate	Gambierdiscus sp.
인수공통 전염병	병원균			
	바이러스	<i>Rift Valley fever virus</i>	가축과 야생동물의 다양한 종	
		<i>Nipah virus</i>	박쥐, 돼지	
		<i>Hendra virus</i>	박쥐, 말	
		<i>Hantavirus</i>	설치류	
		<i>Rotavirus</i>	사람	
		<i>Hepatitis E virus</i>	야생동물	
		<i>Norovirus</i>	사람	
		세균	<i>Salmonella</i>	가금류, 돼지
	<i>Campylobacter</i>		가금류	
	<i>E.coli</i> O157		소, 기타 반추동물	
	<i>Anaerobic spore-forming bacteria</i>		새, 포유동물, 가축	
	<i>Yersinia</i>		감염 조류, 설치류의 이동, 돼지가 주요 저장체	
	<i>Listeria monocytogenes</i>		가축	
	<i>Leptospirosis</i>		모든 종류 가축	
	원생동물	<i>Toxoplasma gondii</i>	고양이, 돼지, 양	
		<i>Cytopsporidium and Giardia</i>	가축, 양	
	기생충	<i>Tapeworm</i> (<i>Cysticercus Bovis</i>)	소	
		<i>Liver fluke</i> (<i>Fasciola hepatica</i>)	양, 소	

자료: FAO(2008), climate change: implications for food safety; 식품의약품안전처(2009), 기후변화에 따른 식중독 발생 영향 분석 및 관리 체계 연구; ECDC(2012), Assessing the potential impacts of climate change on food-and waterborne diseases in europe' 재구성

다. 이에 따른 푸드체인 단계에 적합한 맞춤형 관리방안 등이 마련되어야 할 것이다.

기후변화로 인하여 농업부문에 주는 영향을 작물생산, 가축생산, 수산, 식품취급, 과정 무역으로 나누어 생각해보면 [그림 1]과 같다.

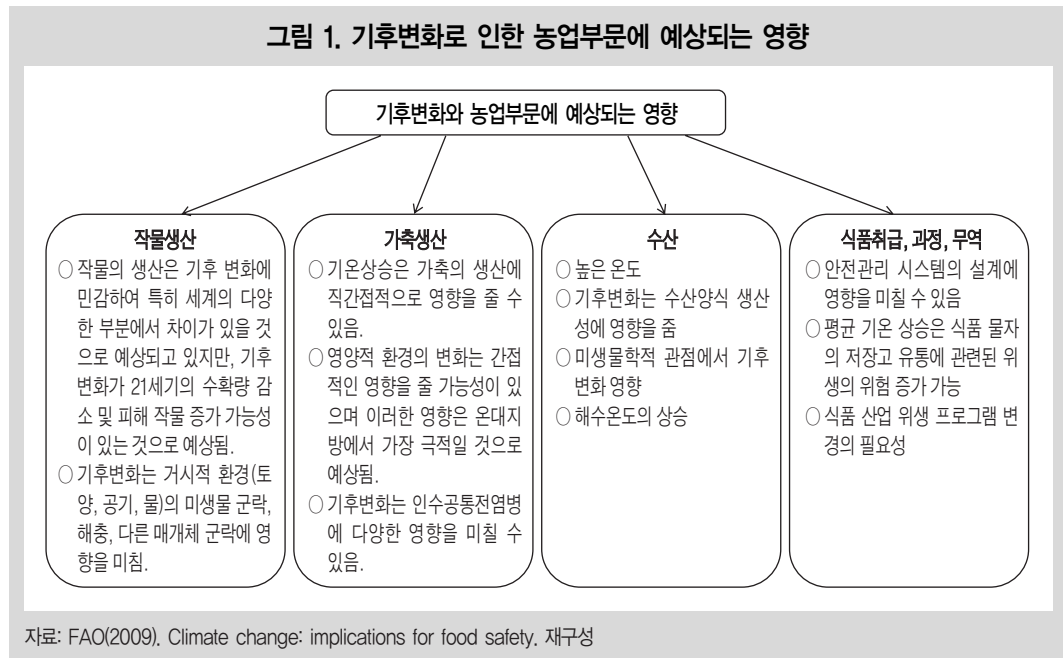
작물생산의 경우 기후변화는 토양, 공기, 물에서의 미생물 군락, 해충, 다른 매개체 군락에 영향을 미치게 된다. 이것은 곰팡이, 박테리아, 바이러스, 곤충 등 미세 미생물에 기인하는 생물 질병의 발생에 기여하는 생물적 요소이고, 영양결핍, 공기오염, 극단적인 온도/습도와 같은 비생물적 요인에 영향을 미치게 되어 식물건강과 생산성에 영향을 주게 된다.

가축생산의 경우 기온상승으로 인한 열 스트레스는 가축의 건강, 성장과 번식에 대해 직접 해로운 영향을 미치게 된다. 또한 가축 먹이의

입수 가능성, 목초와 마초작물의 양과 품질 등의 영양적 환경의 변화는 간접적인 영향을 줄 가능성이 있으며 이러한 영향은 온대지방에서 가능할 것으로 예상된다. 그리고 기후변화는 인수공통전염병에 영향을 주어 많은 매개체의 전염 주기에 영향을 미칠 수 있고, 일부 지방에서는 새로운 질병의 발생을 야기 시킬 수 있다.

수산의 경우 높은 온도로 인하여 어종이 적합한 조건을 찾아 다른 지역으로 이동하게 된다. 또한 표면의 바람(빛의 영역에 영양소 전달 변화와 해수 흐름의 분배 강도 변화), 높은 이산화탄소 수준(바다의 산성 변경), 강수량의 가변성(해수면의 영향) 등으로 인하여 질병에 관한 양식 어류의 취약성 증가와 생물 다양성에 영향을 주어 수산양식 생산성에 영향을 주게 된다. 미생물학적 관점에서는 식물성 플랑크톤의 성장

그림 1. 기후변화로 인한 농업부문에 예상되는 영향



으로 인한 부영양화 악화, 특히 독성종의 증가로 유해적조 현상의 빈도가 증가하게 된다.

식품취급, 과정, 무역의 경우 1차 생산에서의 새로운 위협을 효과적으로 관리하고 최종 제품의 안전을 보장하기 위해 필요한 안전관리 시스템 설계에 영향을 미치게 된다. 평균기온 상승은 식품의 저장과 유통에 관련된 위생의 위험성이 증가하게 되고, 이를 대비하기 위하여 식품산업 위생프로그램 변경의 필요성이 야기된다. 식품산업체들은 정기 자가품질검사를 실행하고, 정부는 새로운 위협에 적절한 위생관리 프로그램을 구현하여 산업을 지원하기 위한 지침을 개발하여야 한다.

3. 푸드시스템에서의 기후변화의 영향

기후는 생산되는 식품의 수량과 종류 및 생산에 따른 소득에 영향을 미치기 때문에 푸드시스템을 포함하는 푸드시스템의 성과 실현에 있어서 중요 요인이 된다. 따라서 기후변화로 인한 이상 기후 현상은 운송을 포함하는 유통 인프라의 손상 또는 파괴를 야기하여 푸드시스템과 연관된 비농업 부분에도 부정적인 영향을 미치게 된다. 그러나 기후 변화는 부정적인 측면과 더불어 긍정적인 방향으로 푸드시스템을 둘러싸고 있는 대내외적 환경 및 사회경제적 변동요인에 영향을 미치는 적응적인 대응을 유발할 가능성이 크다고 할 수 있다.

기후변화가 푸드체인을 포함하는 푸드시스템에 미치는 영향이 크기 때문에 이에 대한 연구가 수행되고 있으며, FAO(FAO, United Nations Food and Agriculture Organization)³⁾에서는 푸드체인(Food chain)의 모든 단계에서 식품 안전 및 제어와 기후변화에 의해 예상되는 잠재적인 영향을 파악하였다. 푸드체인에는 다음과 같은 일련의 과정이 포함되며, 기후변화에 따른 푸드체인의 영향을 고려할 때 다음의 모든 항목이 고려대상이 될 수 있다.

- 식품의 제조와 종자, 가축의 사육, 비료, 해충방제
- 농업생산 (농작물, 가축, 생선, 야생식품)
- 1차, 2차 제조
- 포장
- 저장
- 운송 및 분배
- 마케팅과 소매
- 케이터링
- 식품 관리
- 음식물쓰레기 처리

푸드시스템은 식품의 생산 활동과 생산이후의 활동을 포함하는 개념으로 푸드시스템과 기후변화의 영향을 알아보기 위해서는 이 두 가지 모두를 고려하여야 한다.

먼저 생산 활동에는 농작물, 축산물, 수산물이 속하며 각각에 미치는 기후변화 영향은 다르게 나타난다. 농작물의 경우 기온의 영향을 많이 받으며, 이는 수확물에 직접적인 영향을 주

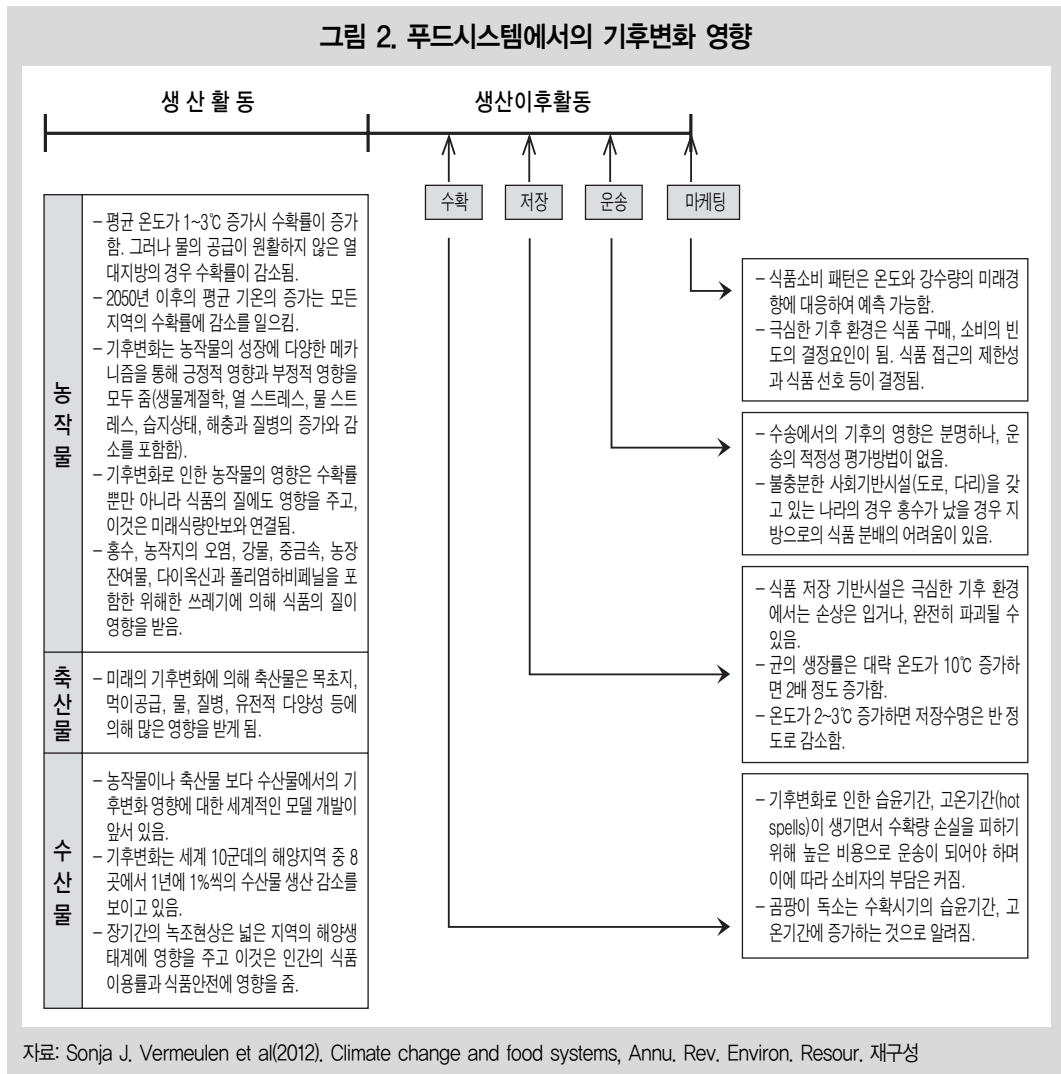
3) FAO(2009). Climate change: implications for food safety.

게 되며 또한 식품의 질에도 영향을 주게 되어 미래식량안보와도 연결이 된다. 축산물은 가축의 먹이공급 문제에 영향을 많이 받게 되어 육류의 질과 인수공통전염들의 문제로 인하여 육류를 섭취한 인간에게까지 큰 영향을 주게 된다. 마지막으로 수산물의 경우 가장 많이 연구되고 있는 분야로 기후변화에 대한 모델개발이

앞서 있고 녹조현상 등의 문제로 식품안전성에 영향을 주게 된다.

생산이후 활동으로는 수확, 저장, 수송, 소비(마케팅) 등이 포함된다. 극한기후 환경에서는 수확량의 많은 손실을 가져오게 되며, 기후변화로 습윤기간, 고온기간이 생기면서 수확량 손실을 피하기 위해 높은 비용으로 운송되어야 하

그림 2. 푸드시스템에서의 기후변화 영향



기 때문에 소비자의 부담은 커지게 된다. 특히 곰팡이 독소의 경우 수확기간의 습윤기간, 고온 기간에 증가하는 것으로 알려져 있다. 수확한 식품을 저장하는 것은 기후변화의 영향을 최소화 할 수 있는 방법으로 온도가 올라가면 균의 생장비율이 증가, 저장수명이 감소하므로 에어컨, 냉장고 등에 의존하는 경우가 많아져서 저장비용이 증가하게 된다. 저장된 식품을 수송할 때에는 도로 다리 등의 사회기반시설이 불충분할 경우 홍수 등의 자연재해가 생겼을 경우 지역 간의 식품 분배가 어려워 질 수 있게 된다. 이렇게 이동된 식품들은 소비되기 위하여 마케팅 활동을 하게 되는데 식품소비 패턴은 온도와 강수량에 대하여 예측 가능하여 미래의 식품 구매, 소비의 빈도 등을 예측하여 마케팅에 이용되게 된다.

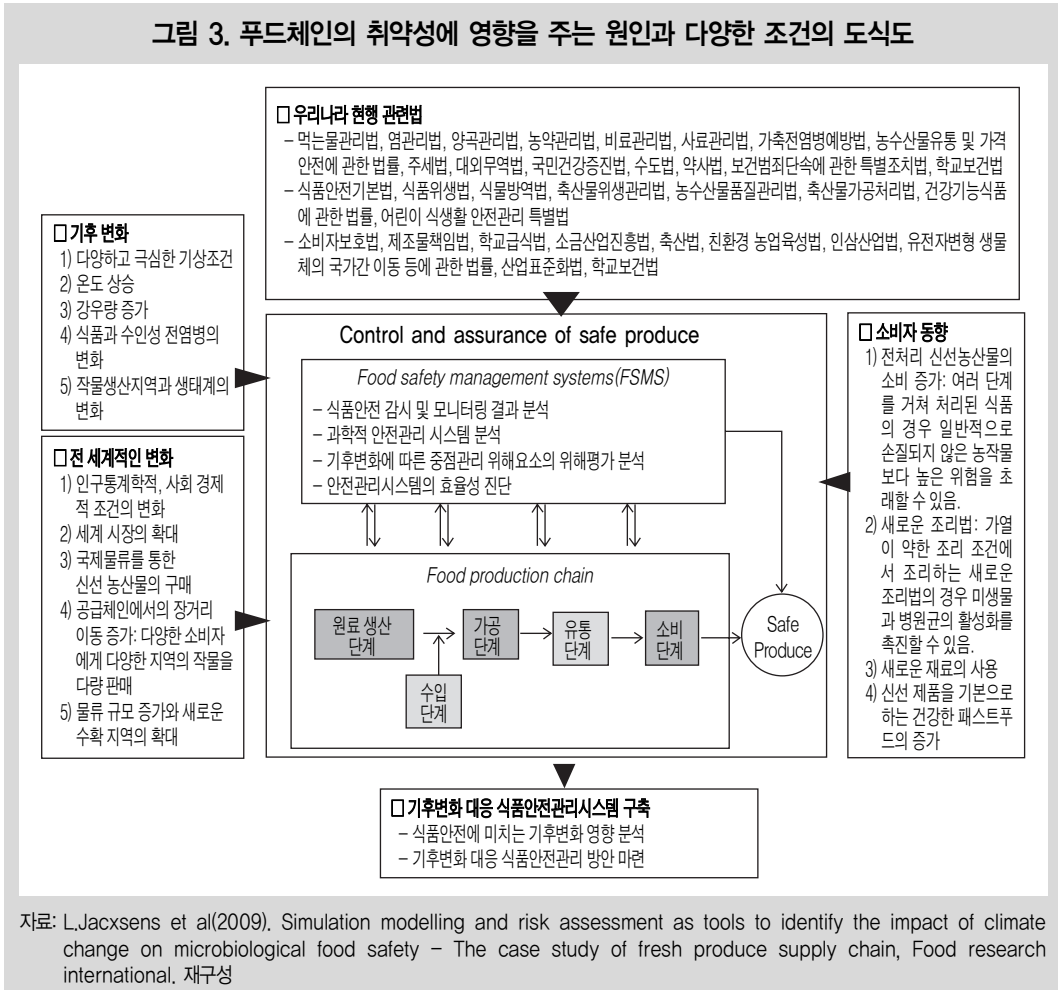
4. 국내 푸드시스템 현황 및 기후변화 영향에 대한 국내 적응 현황

국내 푸드시스템은 ‘생산에서 소비에 이르는 과정에서 진행되는 일련의 활동들’로 정의되고, 우리나라 식품안전 행정시스템 또한 이를 바탕으로 구축되었다. 그러나 식품안전과 관련된 요인들은 점차 확대 되어 가고 있으며, 단순한 시장경제 활동을 넘어서 환경적(기후변화), 사회적, 정치적, 경제적, 세계적 요인들이 복합적으로 영향을 미치고 있다. 이를 반영한 통합적인 정부의 식품안전관리가 요구되나, 현재 정부의 식품안전관리는 생산자 중심으로 식품생

산에서의 우수농산물기준(GAP), 제조·가공 공정에서의 위해요소중점관리기준(HACCP) 등으로 관리가 진행되고 있다. 유통, 판매 및 보관 과정은 실제적으로 관리가 미흡한 실정으로 기후변화의 영향을 가장 많이 받을 수 있는 기후변화에 따른 사각지대로 볼 수 있다. 따라서 기후변화로 인하여 식품체인에 주는 위험영향이 커짐에 따라 특히 이 단계의 위험에 대응한 관리방안이 뒷받침되어야 하겠다.

기후변화에 따른 푸드체인의 취약성에 영향을 주는 원인을 살펴보기 위한 한 가지 예로 선농산물의 푸드체인을 살펴보았다. 푸드체인은 정부(우리나라 현행 관련법), 기후변화(환경적 변화), 국제환경 변화, 소비자동향 등에 의해 영향을 받고, 식품안전관리시스템(FSMS)과 상호작용 하게 된다. 식품안전관리시스템으로는 현재 원료에서부터 제조·유통 전 과정의 위생관리시스템인 식품의약품안전처의 HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Point)를 운영 중이고, 국립농산물품질관리원에서는 농식품안전·품질통합정보시스템을 운영하여 원산지 관리부터 품질관리까지의 전반적인 안전관리를 하고 있으며, 축산물 관리는 축산물안전관리시스템을 이용하여 생산단계부터 소비단계까지 축산물안전관리를 정보화하여 농림축산식품부 및 농림축산검역본부, 각 시·도 축산물 위생검사기관 등 축산물관련기관이 공동으로 활용할 수 있는 시스템을 구축하고 있다. 앞서 말한 식품안전관리시스템들과 푸드체인의 상호작용을 통해 푸드시스템의 안전관리가 실행될 수 있고, 기후변화는 특정 단계에만 영향을 미치는 것이 아니라 환경적인 영향으로 전 과정

그림 3. 푸드체인에서의 취약성에 영향을 주는 원인과 다양한 조건의 도식도



에 영향을 미치기 때문에 이를 아우를 수 있는 기후변화 대응 통합적 식품안전관리시스템 마련이 필요할 것이다.

소화를 위한 2가지의 정책과제를 제안하고자 한다.

1) 기후변화 대응 위생관리 프로그램 교육 및 홍보로 이해관계자의 의식 개선

5. 결론 및 정책제언

기후변화에 대한 국내 적응 현황을 참고하여 푸드시스템에 미치는 기후변화 영향의 최

현재 판매를 목적으로 제조·가공되는 식품의 경우 안전성 확보를 위하여 주기적으로 영업자 스스로 해당 식품 등의 기준·규격 등을

검사하는 품질관리의 방법으로 자가품질검사를 시행하고 있다. 이를 직접 하기 어려운 경우 식품위생검사기관에 의뢰하여 진행하게 되는데 기후변화로 식품의 위생에 대한 위험성이 증가하므로 식품위생검사기관에서 또한 이에 알맞은 매뉴얼 개발이 필요할 것이다. 그리고 식품위생검사기관에서 검사를 진행하는 검사원들의 교육 내용 중에도 기후변화 부분을 추가하여 검사원들에게 기후변화 인식을 심어주어야 한다.

그 외에도 현재 식품의약품안전처 기후변화 대응 식품안전관리 연구사업단에서 「호우(홍수)대응 식품접객업소 위생관리」 등의 기후변화와 관련된 매뉴얼 등이 개발되고 있는데 향후 이런 매뉴얼 개발이 이상기후와 업종별로 구체화 되어 개발되어야 할 것이다.

2) 푸드시스템적 접근을 통한 기후변화 대응 통합적 식품안전관리시스템 마련

현재 운영 중인 식품안전관리시스템을 기반으로 기후변화로 인한 사각지대와 취약점을 보완한 기후변화 대응 통합적 식품안전관리시스템 마련이 필요하다, 이는 나아가 건강, 환경, 경제, 사회, 문화적 보장까지 포괄하는 푸드시스템을 연결하여, 기후변화 대응 통합적 식품안전관리시스템이 마련되어야 할 것이다. 또한 현재 적용되고 있는 탄소발자국 프로그램 또는 탄소성적표시제 등의 기후변화 관련 정책에 대한 실효성을 반영한 기후변화 예측에 근거하여 식품안전관리시스템의 통합적 관리가 필요하다. 이는 식품안전관리를 담당한 여러 부처, 실행을 담당하는 지자체 관계부서 및 소비자가 쉽게 수용하고 실천할 수 있는 통합적 식품안전관리시스템이어야 하겠다. 