축산물 유통단계 간 가격발견과정 및 인과관계 분석*

박문수** 이경희*** 황선웅****

Keywords
축산물 가격발견(livestock price discovery), 방향지시 비순환성 그래프(directed acyclic graph), 동시적 인과관계(contemporaneous causal relationship)

Abstract
The purpose of this study is to identify the price transmission mechanism in livestock markets in Korea as well as the market, in the marketing hierarchy, that has played important role in price discovery. To this end, this study used a time series analysis based on contemporaneous causal relationship, while taking into account the prices of substitutes as well. It showed that the retail price in beef markets and the wholesale prices in pork markets are most important in price discovery. When a short-term impact occurs, the producer price explains most of forecast error variance in beef and the wholesale price explains most of it in pork. We expect that the result of the study would contribute to understanding price trends and forecasting livestock prices.

차례

1. 서론
2. 분석 모형 및 자료
3. 분석 결과
4. 요약 및 결론

* 이 논문은 한국농촌경제연구원의 지원을 받아 수행한「축산물 시장의 가격전달채널 분석 및 가격안정화 방안」의 내용 중 일부를 수정·보완하여 작성되었음.
** 산업연구원 서비스산업연구센터 부연구위원
*** 산업연구원 서비스산업연구센터 부연구위원, 교신저자
**** 산업연구원 동향분석실 부연구위원

1. 서 론

일반적으로 시장에서 제품의 유통은 여러 단계를 거쳐 이뤄지기 때문에 유통단계 간 시장가격의 인과관계(causal relationship)에 관한 연구는 각 단계의 가격결정구조를 파악하는 데 있어 중요한 주제로 다뤄지고 있다. 이는 특히 축산물 시장과 같이 각 유통단계별 참여주체가 다양하여 유통흐름이 상대적으로 복잡한 형태를 갖는 경우에는 더욱 관심을 끄는 이슈가 된다.

우리나라의 축산물 시장, 특히 쇠고기와 돼지고기 유통경로는 산지, 도매 및 소매에 이르기까지 분권화된 다양한 공급사슬(a decentralized multi-echelon supply chain)로 얽혀있어 단계별 가격 결정에 관한 정제된 정보 파악이 상당히 어려운 것이 사실이다. 이처럼 축산물 유통단계의 가격정보 흐름이 분명하게 밝혀지지 않는 상황에서, 각 단계별 공급사슬에 위치한 여러 부문들 간 가격정보 흐름의 메커니즘이 밝혀진다면 수급상의 충격이 발생할 경우 유통단계별 가격에 미치는 파급효과에 대한 분석은 상대적으로 용이해질 수 있다. 또한 각 유통단계별, 축종별 시장가격에 대한 예측에 보다 높은 신뢰도를 제공할 수 있어 축산물 가격변동성 완화에도 상당한 도움을 줄 수 있다. 따라서 축산물 가격 간 인과관계 탐색에 관한 연구의 주 관심사는 유통단계별, 축종별 가격을 연결하는 가격정보의 전달채널(price transmission chanel)의 메커니즘을 파악하고, 가격발견과정(price discovery process)을 이해하는 것이라고 말할 수 있다.[1]

기존의 축산물 유통단계 가격 간 인과관계에 관한 연구는 다양한 방법론을 통해 이루어져 왔지만 데이터의 빈도, 분석기간, 시계열 방법론, 모형에 포함된 변수 개수 등 분석환경의 차이로 인하여 일치된 결과보다는 상이한 결론들이 제시되어 왔다. 권용덕 외(1998)는 쇠고기 및 돼지고기 월별 평균 경락가격을 이용한 다변량 분석모형(VAR, VECM)을 통해 서울 등 5개 육류 도매시장 가격의 동태적 연계성 및 시장 간 인과성을 규명하였다. 분석결과 돼지고기는 시장 간 공적분 관계가 존재하여 시장 간 가격 변동이 밀접하게 연계되어 있음을 확인한 반면, 쇠고기의 경우에는 시장 간 공적분이 존재하지 않은 것으로 나타났다. 또한 서울 도매시장의 가격이 지방도매시장의 가격변동에 큰 영향을 미치는 것으로 확인되었다. 정민국 외(2000)에서는 VAR 모형을 이용하여

1 유통단계별 가격발견과정에 관한 연구는 가격 간 인과관계에 대한 연구와 가격전달의 비대칭성의 연구로 나눌 수 있으며, 본 연구의 관심사는 유통단계별 가격의 인과성에 대한 규명에 있다.

쇠고기 유통단계별 가격 간 인과성 분석을 하였다. 연구결과 쇠고기 시장의 주도가격은 산지가격과 도매가격으로 나타났으며, 이들 가격은 송아지 가격에는 영향을 미치나, 송아지 가격은 이들 가격의 변동에 영향을 미치지 못한 것으로 분석하였다. 이정희(2001)는 WTO 이후 유통단계 간 육류가격의 인과관계를 분석한 결과, WTO 이후 육류시장의 가격전이가 크게 약화되었으며, 쇠고기 시장에서는 소매시장의 중요성이 증가하였음을 확인하였다. 더불어 육류산업의 수직계열화가 진행되고 유통에서 소매시장의 역할이 커짐에 따라 도매위주의 축산정책은 소매시장 중심으로 전환되어야 함을 제안하였다. 이병기(2001)는 돼지고기 분기별 가격자료, 돼지고기의 대체재로 쇠고기 소매가격, 생산비로 사료가격 등을 이용하여 돈육의 가격변동요인을 오차수정모형(ECM)을 통해 분석하였다. 분석결과 양돈 사료비와 새끼돼지 가격이 돼지고기 가격의 주요 변동요인임을 밝혔다. 양승룡(2003)은 수입으로 인한 시장개방과 가축의 질병, 계절적 요인 등을 고려하여 사료가격이 축산물가격에 미치는 인과관계를 분석하였으며, 사료가격의 변동은 축산물 시장가격에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 해외연구를 살펴보면, Bessler & Brandt(1982)는 새끼돼지 가격, 돼지 도축두수, 소 가격, 소득 간의 인과관계를 실증적으로 분석하였으며 Bessler & Akleman(1998)은 1980~1997년의 월별자료를 통해 산지 및 소매수준에서의 소, 돼지, 닭의 가격과 소득, 유가와 임금과 같은 소매수준에서의 투입요소 간의 인과관계를 분석한 결과 산지의 가격변화가 소매가격 변동의 대부분을 설명하고 있음을 확인하였다.

본 연구의 목적은 시계열 및 그래프 분석기법을 이용하여 우리나라 축산물 시장 중 쇠고기 및 돼지고기 시장에 존재하는 유통단계 간 가격의 인과성을 살펴보고, 이를 토대로 고기 및 돼지고기 시장의 가격정보 전달채널 메커니즘을 파악하여 가격결정에 있어 어떠한 유통단계가 가장 중요한 시장임을 확인하는 것이다. 또한 이를 통해 축산물 가격의 동향 파악 및 예측을 보다 효율적으로 수행하는 데 시사점을 주고자 한다. 본 연구와 기존 연구의 차별점을 살펴보면 다음과 같다.

첫째, 본 연구는 인과성 분석을 수행함에 있어 특정 축산물의 가격 및 대체재의 관계에 있는 축산물 가격을 동시에 고려한다. 기존의 축산물 유통에 관한 대부분의 연구는 해당 축산물과 대체재의 관계에 있는 축산물 유통시장을 동시에 고려하지 않고 각각의 시장을 분리하여 분석하고 있다. 그러나 특정 축산물의 가격은 유통단계상에서 뿐만 아니라 대체관계에 있는 축산물의 가격변화에도 반응한다. 둘째, 축산물 가격 간 인과성 검정에 기존의 그랜저 검정(Granger causality)에 기반을 둔 동태적 인과성 측면뿐만 아니라 그래프 이론을 이용한 동시적 인과성(contemporaneous causality)을 더불어 고려한다. 인과성을 검정한 기존 연구의 대부분은 그랜저 인과관계를 기반으로 수행되었

다. 그랜저 인과성의 기본개념은 시간상의 인과성(temporal causality)으로서 어떤 원인(cause)이 효과(effect)에 대해 시간적으로 선행하는 것을 의미한다. 반면 동시적 인과성은 시간의 흐름에 따른 인과관계를 의미하지 않고 동일한 시간대에서 인과관계의 흐름을 의미한다. 축산물 가격발견과정에서 동시성을 고려해야 하는 이유는 특정 축산물의 가격이 변동할 때 대체관계에 있는 축산물의 가격 또한 동시에 변동하는 것이 일반적이며, 또한 특정 유통단계에서의 충격은 거의 동시적으로 동일 공급사슬상에 연계된 단계로 전이되기 때문이다. 더불어 VAR 모형이나 VECM 모형을 바탕으로 한 충격반응함수 및 예측오차분산 등의 확률충격분석(innovation analysis) 수행에서 문제가 되었던 인과순위의 자의적 배열문제를 동시적 인과성이라는 통계적 기법을 통해 해결하여 분석의 객관성을 높이는 시도를 하였다.

본 연구의 구성을 살펴보면 다음과 같다. 2장에서는 동시적 인과성 모형인 방향지시비순환성 그래프(DAG: directed acyclic graph)를 소개하며, 분석 자료에 대한 설명을 제공한다. 3장에서는 단위근, 공적분 검정 등의 결과를 설명하고 이를 바탕으로 한 인과성 분석결과를 제시한다. 또한 동시적 인과성을 기반으로 한 축산물 가격 간 동태적 영향을 살펴본다. 마지막 4장에서는 연구의 요약 및 결론을 제시한다.

2. 분석 모형 및 자료

본 연구에서는 축산물가격의 인과관계 및 동태적 변화를 살펴보기 위해 Johansen (1988)의 공적분 관계를 바탕으로 한 식 (1)과 같은 벡터오차수정모형(VECM)을 이용한다.

$$\triangle X_t = \Pi X_{t-1} + \sum_{i=1}^{k-1} \Gamma_i \triangle X_{t-i} + e_t \qquad (1)$$

여기서 $\Gamma_i = -(I - \Pi_1 - \ldots - \Pi_i)$는 단기 조정과정을 설명하는 행렬을 의미하며, $\Pi = -(I - \Pi_1 - \ldots - \Pi_J)$는 변수 간의 장기적 관계를 설명하는 행렬이다.[2]

2 한편, 공적분 위수(cointegration rank: $rank(\Pi) = r$)가 $0 < rank(\Pi) = r < J$ 인 경우에는 $\Pi = \alpha\beta'$와 같이 분해될 수 있다. 여기서 β는 $J \times r$ 공적분 벡터행렬로 해석되며, X_t 자체가 불안정적인 경우에도 $\beta' X_t$는 안정적이라는 성질을 지닌다. α는 장기균형에 대한 조정속도를 나타내는 $J \times r$ 계수 행렬이다.

일반적으로 VAR 혹은 VECM 모형은 추정할 계수의 수가 많고 계수의 직관적 해석이 쉽지 않기 때문에 외생적인 확률충격(innovation)이 내생변수에 미치는 영향 등을 살펴보기 위해서는 충격반응함수(impulse response function)나 예측오차분산분해(forecast error variance decomposition) 등의 방법을 활용한다. 하지만 연립방정식 형태를 기반으로 한 VAR 혹은 VECM 모형과 같은 다변량 시계열모형은 오차항 간 동시상관(contemporaneous correlation) 문제가 상존하며, 이의 해결을 위해서는 오차항의 동시적 구조 (contemporaneous structure)가 독립적이 되도록 오차항 벡터의 직교화(orthogonal)가 요구된다.

통상적으로 오차항의 동시상관문제의 해결은 촐레스키 분해(Choleski decomposition)를 통해 다음과 같은 방법으로 이루어진다. 비직교 오차항 벡터를 $e_{t=}A^{-1}\epsilon_t$로 정의할 경우, ϵ_t는 직교화된 오차항 벡터를 의미하고 A행렬은 비직교 오차항(e_t)과 직교화된 오차항과의 관계를 나타내기 때문에 직교화된 오차항 벡터는 $\epsilon_t = Ae_t$ 로 표현될 수 있다. 촐레스키 분해의 경우 A행렬은 역행렬이 존재하는 하방삼각행렬로서 대각행렬원소가 1로 구성되어 있다. 따라서 촐레스키 분해방법을 이용할 경우, A행렬의 상위에 위치한 변수가 아래에 위치한 변수를 인과하는 구조를 갖게 되어 변수의 나열순서에 따라 충격반응 및 예측오차분산분해의 결과가 달라지는 문제점을 안고 있다. 이러한 변수의 임의적 배열문제 해결을 위해 Sims(1986)와 Bernanke (1986)는 구조적 VAR(structural VAR) 모형을 제시하였다. 구조적 VAR 모형은 통계적 검증에 필요한 경제이론이 사전적으로 잘 갖추어진 분야에서는 매우 유용하게 활용될 수 있다. 하지만 축산물 유통단계별 가격 간 인과관계에 대한 객관적, 이론적 근거가 확보되지 못한 경우에는 모형의 인과관계에 대한 순위가 연구자의 자의적 판단에 의해 결정되기 때문에 분석결과에 대한 신뢰성 확보에 한계를 보일 수 있다. 따라서 이를 해결하기 위한 하나의 방법으로 그래프 이론에 바탕을 둔 동시적 인과성에 대한 고려가 필요하다 하겠다.

2.1. 방향지시 비순환성 그래프(DAG) 이론

인과관계 분석에 있어 가장 전통적으로 사용되는 방법론은 그랜저 인과성(Granger causality) 검정이다. 그랜저(1969)는 'x는 y의 그랜저 원인이 된다(x Granger causes y)' 라는 그랜저 인과관계는 식(2)와 같이 정의된다.

$$P(y_{t+1} \in A | \Theta_t, x_t) \neq P(y_{t+1} \in A | \Theta_t) \tag{2}$$

즉, 최소한 정보집합 Θ_t가 주어질 경우 시계열 y_t를 예측함에 있어 정보집합에 시계열 x_t를 포함하는 것이 더 낳은 예측력을 보일 때 x는 y의 그랜저 원인이 된다고 할 수 있다. 이처럼 그랜저 인과관계는 한 변수가 다른 변수에 대해 '시차를 두고 발생하는 인과성(temporal causality)'을 의미한다.

한편, 최근에는 그랜저 인과성을 보완하고 확장하는 방법의 일환으로 방향지시 비순환성 그래프(DAG: directed acyclic graph)를 바탕으로 시간의 흐름에 따르지 않는 비대칭적 인과관계를 나타내는 동시적 인과성(contemporaneous causality)에 대한 논의가 이뤄지고 있다(Pearl, 2000; Hoover, 2005; Spirtes et al.2000). 이러한 동시적 인과성 검정은 이론적 혹은 경험적 근거가 없어 사전적으로 뚜렷한 인과관계를 정하기 어려워 연구자의 주관적인 판단에 인과관계를 설정할 수밖에 없는 경우, 통계자료에 근거하여 변수 간 인과순위를 결정할 수 있게 한다. 특히 VAR 혹은 VECM 모형을 기반으로 수행되는 충격반응함수와 예측오차분산분해와 같은 확률충격분석(innovation analysis)에 DAG를 통한 동시적 인과성 방법을 적용할 경우, 분석의 객관성을 제고하는 장점이 있어 최근 다양한 시계열 분석에 도입되기 시작하여 연구가 활발히 진행되고 있다(Swanson and Granger, 1997; Bessler and Lee, 2002; Bessler and Yang, 2003; Park, Mjelde, and Bessler, 2006; Chong, Zey and Bessler, 2009). 예를 들면, Bessler and Lee(2002)는 미국의 연간 데이터를 활용하여 통화량과 물가의 인과관계를 분석하였고, Bessler and Yang(2003)은 국가 간 주가지수의 변동과 상호 영향을 분석하였으며, Park, Mjelde, and Bessler(2006)는 DAG를 바탕으로 미국 전기 현물시장 간 가격의 인과성을 살펴보았다. Chong, Zey and Bessler(2010)는 미국 500대 기업의 재무자료를 이용하여 기업의 경영전략 및 기업구조가 성과에 미치는 영향을 분석하였다.

본 연구에서 동시적 인과순위 결정에 이용하고 있는 DAG 이론은 기본적으로 변수들 간의 상관계수(correlation) 및 편상관계수(partial correlation)를 이용하여 인과흐름(causal flow)을 그림을 통해 간결하게 보여주는 방법이라고 할 수 있다. DAG에서는

모서리(edge) 혹은 방향지시 화살표(arrow)를 이용해 인과흐름을 표시하고 있는데 다음의 3가지 유형으로 분류할 수 있다.

먼저 방향지시 화살표를 가진 'direct edge'로서 $X \rightarrow Y$로 표현된다. 이는 '변수 X는 변수 Y를 인과한다(cause)'라는 것을 의미한다. 둘째, 'undirect edge'로서 $X - Y$로 표현되는데 이는 변수 X와 Y간에 상관관계는 있으나 X가 Y를 인과하는지 반대로 Y가 X를 인과하는지에 대해서는 판단할 수 없으며, 단순히 X와 Y가 정보흐름(information flow)에 의해 연결되어 있는 경우를 의미한다. 끝으로, 'no edge'로서 X Y로 표현되는 데 변수 X와 Y 간에 상관관계가 없는 경우를 의미한다.

DAG에서는 세 변수 이상의 인과관계에도 적용될 수 있다. 즉, 세 변수(X, Y, Z)의 인과관계 설정에 있어 만약 두 변수(예를 들어 X와 Y)가 상관관계를 갖는다면 X가 Y를 인과하는지 Y가 X를 인과하는지 혹은 Z에 의해 인과관계를 갖는지 확인할 수 없다. 세 변수(X, Y, Z)의 인과관계 설정에는 다음과 같은 3개의 핵심 구조를 이용한다. 먼저 인과사슬(causal chain)로서 $X \rightarrow Y \rightarrow Z$로 나타낼 수 있다. 즉, 변수 X와 Z는 비조건부 서로 상관관계를 가지고 있으나 변수 B 조건하에서는 상호 독립적인 경우를 지칭한다. 두 번째로, $X \leftarrow Y \rightarrow Z$로 나타낼 수 있는 인과분기(causal fork)이다. 이는 인과사슬에서와 같이 변수 X와 Z는 비조건부 서로 상관관계를 가지고 있으나 변수 Y 조건하에서는 상호 독립적인 경우를 의미한다. 마지막으로 인과분기(causal inverted fork)로 명명되는 개념으로, 앞의 두 개념과는 반대로 변수 X와 Z는 비조건부 상관관계를 가지고 있지 않으나 변수 Y 조건하에서는 상관관계를 가지는 경우를 나타낸다($X \rightarrow Y \leftarrow Z$). 이러한 3개의 구조를 관통하는 DAG의 핵심적인 개념은 차단(screen-off)현상이라고 알려진 d-분리(d-separation)이다.[3] 이를 통해 세 변수(X, Y, Z)의 인과관계는 식(3)에서와 같이 인과관계(causal relationships)가 조건부 독립조건(conditional independence conditions)을 통해 일반화될 수 있다.[4]

$$\Pr(\nu_1, \nu_2, \nu_3, \ldots, \nu_n) = \coprod_{i=1}^{n} \Pr(\nu_i | pa_i) \tag{3}$$

3 Pearl(2000)은 "두 변수 X와 Z 간의 모든 경로를 Y가 차단하면 Y는 X와 Z를 d-분리(d-separation)한다."라고 정의하였다.

4 DAG에 대한 보다 자세한 내용은 Pearl(2000), Bessler & Yang(2003); 박호정·윤원철(2003, 2006)을 참조하기 바란다.

여기서 pa_i는 v_i의 모 변수(parent variable)의 실현된 값을 의미한다.

Pearl(2000)과 Spirtes, Glymour, and Scheines(2000)은 DAG를 찾기 위한 몇 가지 탐색 알고리즘 방법을 소개하고 있는데, 그 중 PC 알고리즘과 GES(greedy equivalence search) 알고리즘이 가장 일반적으로 활용되고 있다.[5] 이 중 본 연구에서 사용하는 GES 알고리즘은 전방동급탐색(forward equivalence search)과 후방동급탐색(backward equivalence search)을 반복적으로 수행하는 2단계 순차적 탐색(two-step stepwise search)알고리즘으로, Schwarz에 의한 베이지언 평가기준(Bayesian scoring criterion)을 활용하여 가능한 DAG들을 평가하는 방법으로 PC 알고리즘과 같이 엄격한 가정을 필요로 하지 않을 뿐만 아니라 평가함수(scoring function)에 의해 DAG를 탐색하게 되므로 적절한 유의수준의 선택이라는 문제에서 벗어날 수 있다는 장점이 있다.[6] Schwarz에 의한 베이지언 평가함수의 근사치는 다음과 같이 표시된다.

$$S(G^k, D) = \ln P(D|\Phi, G^k) + \frac{1}{2} ln\, T \qquad (4)$$

위의 식에서 P는 D로 표시되는 자료를 생성하는 확률분포를 의미하고, Φ는 알려지지 않은 모수의 최우(maximum-likelihood) 추정치를 의미하며, d는 그래프 G^k의 자유모수(free parameters) 수를, 그리고 T는 관측치 수를 의미한다. 평가함수 S는 $\ln P(\hat{D}|\hat{\Phi}, G^k)$항으로 표시되는 적합도와 $[(\frac{d}{2})\log T]$ 로 표시되는 자유모수의 최소성 간의 균형관계(trade-off)를 보여 주고 있다.

베이지언 평가함수를 기반으로 수행되는 GES 알고리즘은 먼저 1단계 전방동급탐색(forward equivalence search)에서는 모든 변수가 독립적이라는 가정(즉, 변수 간에 모서리가 없다는 가정)에서 출발하여 모서리의 추가 및 방향지시 화살표의 방향 변경에 따른 베이지언 사후점수(Bayesian posterior score)의 변화를 추적하여 베이지언 사후점수 혹은 BIC(Bayesian Information Criteria)를 더 이상 개선시킬 수 없을 때 종료된다. 2단계 후방동급탐색(backward equivalence search)은 1단계에서 선택된 DAG들을 대상으로 모서리를 제거하고 방향지시 화살표의 방향을 1단계의 반대방향으로 변화시키는 작업을 순차적으로 적용하여 1단계와 마찬가지로 베이지언 사후점수 혹은 BIC(Bayesian

5 PC알고리즘에 대한 보다 자세한 논의는 Pearl(2000); Spirtes, Glymour, and Scheines(2000); 박호정. 윤원철(2003,2006)을 참조하기 바란다.

6 GES 알고리즘에 대한 보다 자세한 설명은 Chickering(2002); 박해선·오완근(2006)을 참조하기 바란다.

Information Criteria)를 더 이상 개선시킬 수 없을 때 종료되며 최적의 DAG가 결정된다. 따라서 본 연구에서는 GES 알고리즘을 이용하여 변수 간 동시적 인과관계를 찾고자 한다.

2.2. 분석 자료

본 연구는 1980년 1월부터 2010년 12월까지의 월별 쇠고기 가격과 돼지고기 가격자료를 이용한다.[7] 모든 자료는 kg당 가격을 나타내며, 유통단계는 산지, 도매, 소매의 세 단계로 구분한다. 본 연구에서 사용된 가격 자료는 농협중앙회「축산물가격 및 수급자료」와 축산사이버컨설팅 홈페이지에 공개되어 있는 자료를 이용하였다.[8] 또한 소비자 가격은 한국농림수산식품유통공사 조사 가격을 사용하였다. 먼저 쇠고기 산지가격은 한우 수소(600kg 기준)의 가축시장 거래가격이다. 도매가격은 서울가락동공판장의 한우고기 가격(1kg 기준)이며, 서울 공판장이 음성으로 이전되면서 2010년부터는 음성공판장 가격이다. 쇠고기 소비자 가격은 불고기용(500g 기준)이며, 2006년 4월부터는 한우 불고기 3등급 기준 자료이다.[9] 돼지 산지가격은 100kg 기준이며, 2009년 2월까지는 농협중앙회의 조사가격, 그 이후에는 돼지 지육 도매가격에 지육율과 체중을 적용하여 계산된 값을 사용하였다.[10] 지육 도매가격은 1993년 이전에는 서울지역 평균 가격이며, 1993년부터는 전국도매시장 평균 가격이며, 돼지고기 소비자 가격은 삼겹살(500g 기준) 기준 자료이다.

<표 1>에서는 사용된 자료의 기초 통계량을 제시하고 있다. 쇠고기 및 돼지고기 가격을 유통단계별로 살펴보면 쇠고기 및 돼지고기 모두 소매단계에서의 가격 변동이 산지, 도매의 변동 폭에 비해 훨씬 큼을 알 수 있다. 이는 유통단계별 가격 및 수요탄력성 혹은 메뉴비용의 차이로 발생한다고 생각할 수 있다.[11]

---

7 가금류(닭, 오리) 또한 육류소비에 있어 대체성을 갖고 있지만 쇠고기 및 돼지고기 간 수요의 교차탄력성에 비해 가금류의 교차탄력성은 상대적으로 낮은 것으로 알려져 있다(박환재, 2007). 따라서 본 연구에서는 쇠고기와 돼지고기를 분석 대상으로 삼고 있다.

8 http://livestock.nonghyup.com/

9 등급별 자료를 이용하는 것이 가장 이상적으로 판단되나 쇠고기 등급별/부위별 가격 자료는 2006년 4월부터 발표되고 있다.

10 돼지의 경우는 한우와 달리 산지에서 거래되는 비육돈 시장이 존재하지 않아 농협중앙회에서 양돈 농가를 대상으로 한 가격을 산지가격으로 조사하여 발표하였으나, 2009년 3월 이후부터는 도매가격에 지육률과 체중을 적용하여 산출한 값을 산지가격으로 발표하고 있다.

표 1. 기초 통계량

단위: 원/kg

변수		평균	최소	최대	표준편차
쇠고기	산지	5,309.67	1,726.2	9,743.33	1,917.96
	도매	7,624.42	3,030	16,847	2,998.34
	소매	17,369.5	4,116	38,008	9,903.34
돼지고기	산지	1,758.98	602.22	3,410	537.39
	도매	2,664.66	1,012	5,031	804.01
	소매	7,284.84	1,596	20,128	4,875.06

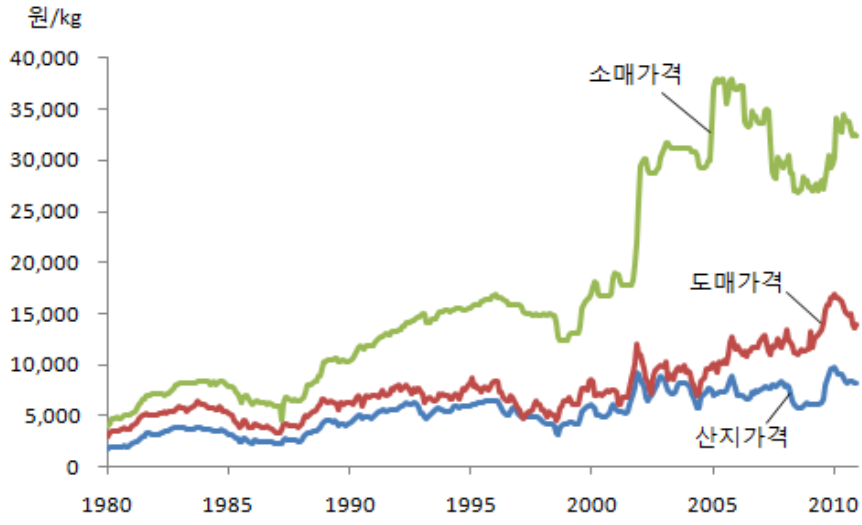
<그림 1>은 분석 기간 중 쇠고기 가격과 돼지고기 가격의 추이를 보여준다. 이를 보면, 쇠고기 시장과 돼지고기 시장 모두에서 소매가격이 산지가격과 도매가격보다 훨씬 더 빠른 속도로 상승했음을 확인할 수 있다. 쇠고기의 산지가격과 도매가격은 각각 1980년 1,963원, 3,557원에서 2010년 8,707원, 15,298원으로 4.4배, 4.3배 상승한 반면, 소매가격은 4,821원에서 33,055원으로 6.9배 증가하였다. 돼지고기의 연평균 산지가격은 1980년 1,022원에서 2010년 2,665원으로 2.6배 증가했다. 같은 기간 도매가격도 1,577원에서 4,011원으로 2.5배 증가하였다. 그에 비해, 소매가격은 2,029원에서 16,641원으로 8.2배나 증가하여 산지가격과 도매가격의 상승 속도를 큰 폭으로 상회하였다.

추가로 주목할 만한 특징은 돼지고기와 쇠고기 소매가격 간 상승 패턴의 차이이다. 돼지고기의 소매가격은 1990년대 중반 이후 비교적 일정한 속도로 꾸준히 상승하였다. 그에 반해, 쇠고기는 2001년 중반 17,000~18,000원에서 형성되었던 소매가격이 2002년 초반 30,000원 대로 급등한 후 최근까지 큰 폭의 등락을 이어나가고 있다.

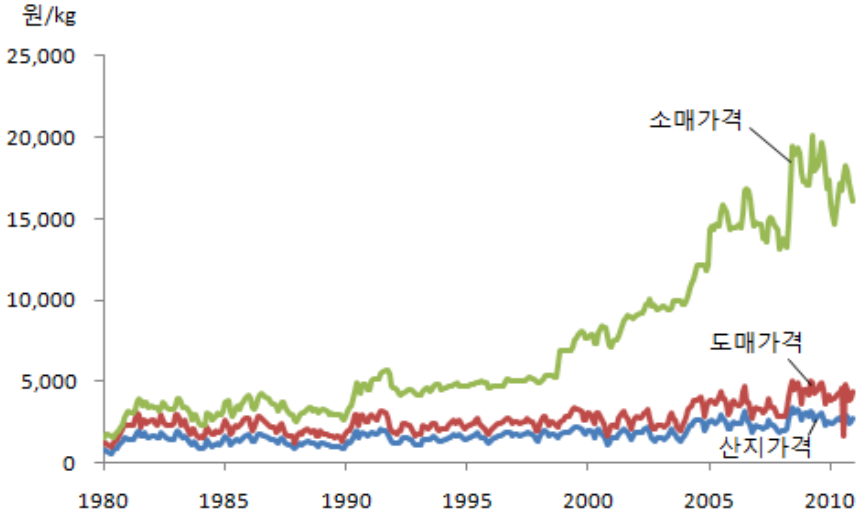
11 한편, 본 연구에서는 수입육이 유통단계별 가격결정에 있어 영향을 미칠 가능성이 있음에도 불구하고 인과성 분석에는 고려하지 않고 있다. 이는 수입육과 국내 생산육의 품질격차로 인하여 대체성의 정도가 상대적으로 낮기 때문이다.

그림 1. 쇠고기 가격과 돼지고기 가격 추이: 1980.01-2010.012

(a) 쇠고기 가격



(b) 돼지고기 가격



3. 분석 결과

3.1. 시계열 분석 결과[12]

시계열 분석에 있어 고려되는 자료가 비정상성(non-stationarity)을 가지고 있는 것으로 확인될 경우, 이를 고려하지 않는 회귀분석은 가성적 결과(spurious result)를 보이게 되어 검정 결과에 오류가 발생하게 된다. 따라서 본 연구에서도 시계열 자료의 비정상성으로 인해 초래될 수 있는 계량 분석상의 문제를 피하고 쇠고기와 돼지고기의 산지, 도매 및 소매시장 가격의 안정성을 검정하기 위해 ADF(Augmented Dicky-Fuller) 단위근(unit root) 검정을 수행하였다. 단위근 추정에 이용된 모형은 다음과 같으며 γ값이 1인지에 대한 검정을 실시하였다.

상수항이 없는 경우: $$\Delta X_t = \gamma X_{t-1} + \sum_{i=1}^{n} \Delta X_{t-1} + \epsilon_t \quad (5)$$

상수항을 포함하는 경우: $$\Delta X_t = \alpha + \gamma X_{t-1} + \sum_{i=1}^{n} \Delta X_{t-1} + \epsilon_t \quad (6)$$

<표 2>는 쇠고기와 돼지고기의 산지, 도매 및 소매시장 가격의 단위근 검정결과를 나타내고 있다.

표 2. 단위근 검정 결과

변수	ADF (without constant)		ADF (with constant)	
	수준변수	차분변수	수준변수	차분변수
FBP	0.539	-10.529***	-1.663	-10.597***
WBP	0.674	-12.363***	-1.121	-12.414***
RBP	0.899	-11.041***	-0.801	-11.154***
FPP	-0.187	-16.383***	-2.971	-16.384***
WPP	-0.238	-17.826***	-3.171	-17.823***
RPP	*1.0287*	-13.425***	*-0.4301*	-13.536***

주: 1. FBP는 산지 쇠고기 가격, WBP는 도매 쇠고기 가격, RBP는 소매 쇠고기 가격, FPP는 산지 돼지고기 가격, WPP는 도매 돼지고기 가격, RPP는 소매 돼지고기 가격.
2. ***는 1% 유의수준을 의미.
3. 단위근 검정 시 각 변수의 시차선택은 Akaike information criterion(AIC) 및 Schwarz-loss criterion(SIC)를 이용하여 결정.

12 본 연구에서는 자료는 월별자료를 이용하고 있기 때문에 이로 인해 발생할 수 있는 계절성을 제거하기 위해 분석 모형 내에 월별더미를 추가하였다.

검정 결과, 쇠고기 및 돼지고기의 모든 단계별 수준변수는 단위근이 존재한다는 귀무가설을 기각하지 못해 변수가 안정적이지 못하는 것으로 나타났다. 반면 모든 차분변수는 단위근이 존재한다는 귀무가설을 기각하여 차분을 할 경우 모든 가격변수가 안정적인 변수로 전환되는 것으로 확인되었다.

시계열 자료에 단위근이 존재하는 경우라 할지라도 이들 변수 간에 장기적으로 안정적 관계, 즉 공적분(cointegration) 관계가 존재한다면 회귀분석 시 가성적 회귀현상은 더 이상 문제가 되지 않는다. 따라서 유통단계별 쇠고기 및 돼지고기 간 공적분 관계를 검정하기 위하여 Johansen(1988) 검정을 실시하였다. 먼저 공적분 검정에 있어 최적시차를 결정하기 위해 VAR 모형을 바탕으로 Schwarz-loss criterion(SIC), Akaike information criterion(AIC), Hannan and Quinn-loss (HQ), and Hacker and Hatemi-J (HJ) 등 4가지 방법을 이용하였다. <표 3>에 제시된 바와 같이 AIC를 제외한 3가지 방법 모두 최적시차의 길이가 2로 나타났다.[13]

표 3. 최적시차(k) 결정

시차	SIC	AIC	HQ	HJ
0	81.7891	81.6936	81.7538	81.7698
1	68.3728	67.703	68.1257	68.2375
2	67.9115	66.6648	67.4516	67.6597
3	68.2597	66.4336	67.5864	67.891
4	68.6117	66.2035	67.724	68.1257
5	68.9579	66.965	67.855	68.354
6	69.2211	66.6408	67.9022	68.4989

주: $SIC = \ln(|\hat{\Omega}|) + k\left(\frac{n \ln T}{T}\right)$, $AIC = \ln(|\hat{\Omega}|) + k\left(\frac{2n}{T}\right)$,
$HQ = \ln(|\hat{\Omega}|) + k\left(\frac{2n \ln(\ln T)}{T}\right)$, $HJ = \ln(|\hat{\Omega}|) + k\left(\frac{n \ln T + 2n \ln(\ln T)}{T}\right)$
여기서 $\hat{\Omega}$는 추정된 분산-공분산 행렬, n은 변수 개수, T는 표본 수를 의미함.

<표 4>에는 Johansen 공적분 검정 결과가 제시되어 있다. 검정 결과 유의수준 5%에서 공적분 벡터의 개수는 4개를 가지는 것으로 나타나 쇠고기와 돼지고기의 유통단계별 가격 사이에는 장기적으로 안정적인 관계가 유지되고 있음을 알 수 있다. 따라서

13 AIC는 점근적으로 최적시차를 과대 추정하는 경향이 있는 것으로 알려져 있다(Lükepohl, 2005).

개별 가격변수는 단위근이 존재하여 불안정적일지라도 변수 간 장기적으로 안정적 관계가 확인되었으므로 축산물가격의 동태적 관계를 살펴보기 위해 오차수정모형(VECM)을 이용하여 분석한다.

표 4. Johansen 공적분 검정 결과: Trace test

Rank		Critical value			Critical value			Critical value	
H_0	T_1	5%	p-값	T_2	5%	p-값	T_3	5%	p-값
$r=0$	253.19	103.68	0.00	245.15	95.51	0.00	276.15	117.45	0.00
$r\leq1$	120.44	76.81	0.00	112.52	69.61	0.00	136.23	88.55	0.00
$r\leq2$	69.12	53.94	0.00	61.39	47.70	0.00	66.40	63.66	0.02
$r\leq3$	35.84	35.07	0.04	28.12	29.80	0.07	32.23	42.77	0.38
$r\leq4$	12.35	20.16	0.42	5.02	15.41	0.80	8.52	25.73	0.96
$r\leq5$	3.99	9.14	0.42	0.01	3.84	0.99	3.46	12.45	0.81

주: T_1은 restricted constant, T_2은 unrestricted constant, T_3 restricted trend 모형을 이용하여 추정된 값임. 자세한 사항은 Juselius(2006)를 참조.

한편, VECM 추정을 통해 얻어진 각각의 계수 값을 통한 변수들 간의 동태적 관계에 대한 해석은 쉽지 않기 때문에 일반적으로 충격반응함수 혹은 예측오차분산분해 등의 방법을 통해 살펴본다. 하지만 VECM을 통해 추정된 오차항 간에는 동시상관 문제가 상존하므로 이를 고려하기 위해 VECM을 통해 구해진 분산-공분산 행렬의 상관계수 행렬을 바탕으로, DAG 모형을 적용하여 변수들 간 동시적 인과관계 구조를 파악하였다.

표 5. 오차항 상관계수 행렬

	FBP	*WBP*	*RBP*	*FPP*	*WPP*	*RPP*
FBP	1	-	-	-	-	-
WBP	0.5308	1	-	-	-	-
RBP	0.0437	0.0653	1	-	-	-
FPP	-0.0113	0.0240	0.0867	1	-	-
WPP	0.0203	0.0374	0.0618	0.8007	1	-
RPP	0.0185	0.1168	0.2014	0.4986	0.3594	1

주: FBP는 산지 쇠고기가격, WBP는 도매 쇠고기가격, RBP는 소매 쇠고기가격, FPP는 산지 돼지고기가격, WPP는 도매 돼지고기가격, RPP는 소매 돼지고기가격을 의미함.

<표 5>는 오차항의 분산-공분산 상관계수 행렬을 보여주고 있다. 이를 통해 *WPP*와 *FPP* 사이의 상관관계가 가장 높으며 *WBP*와 *FBP* 간의 상관관계 역시 큰 것을 확인할 수 있어 도매와 산지가격의 움직임이 상대적으로 밀접함을 알 수 있다. 반면, 소매단계의 가격과 도매 및 산지가격 간 상관관계는 상대적으로 약한 것으로 나타났으며 특히 쇠고기 시장의 경우에 더욱 뚜렷이 나타났다.[14] 그러나 분산-공분산 상관계수 행렬의 추정결과가 변수 간의 직접적인 인과관계를 의미하는 것은 아니므로 이를 변수 간에 존재하는 인과성의 존재나 방향에 대한 직접적인 증거로 받아들이기는 어렵다.

3.2. 인과성 분석 결과

먼저 시간상 인과성을 살펴보기 위해 Block Exogeneity Wald test를 이용하여 다변량 VECM 그랜저 인과성 검정(multivariate VECM Granger causality)을 수행하였다.[15] <표 6>에는 VECM을 바탕으로 한 Block Exogeneity 검정 결과가 제시되어 있다.

먼저 쇠고기 시장에서 *FBP*는 *WBP*와 *RBP*에 의해 영향을 받으며, *WBP*는 1% 유의수준에서는 *RBP*에 의해서만, 10% 유의수준에서는 *RBP*와 *WPP*에 의해 영향을 받는 것으로 나타났다.[16] *RBP*는 *WPP*를 제외한 모든 변수에 1% 유의수준에서 영향을 받는 것으로 나타났다. 돼지고기 시장을 보면, *FPP*는 *WPP*와 *RPP*에 강한 영향을 받으며 *RBP*에 의해서도 영향을 받고 있으나 그 통계적 유의성은 상대적으로 약한 것으로 나타났다. 반면, *WPP*의 경우는 거의 모든 변수에 영향을 받지 않는 결과를 보이고 있으며 *RPP*는 *RBP*와 *FPP*에 강한 영향을 받고 있음을 확인할 수 있다.

---

14 소와 돼지의 도매가격과 산지가격이 상관관계가 높은 것은 축산농가가 산지수집상이나 육가공업체에 출하하여 정산할 때의 가격이 도매시장 가격이기 때문이다. 소매가격과의 상관관계가 낮게 나타난 것은 도매가격은 도매시장 출하두수 등 수급 요인으로 매일 변동이 발생하지만, 소매단계에서는 지육 또는 정육공급업자와 소매 판매업자와 일정기간 동안의 계약 가격에 의해 공급이 될 뿐만 아니라, 소비자 가격은 즉각적인 반응보다는 상당한 기간을 두고 변동하기 때문인 것으로 파악된다.

15 Lütkepohl (2005), Dufour and Taamouti(2010)는 2변수 이상의 모델에서 전통적인 2변수 그랜저 인과성 검정(bivariate Granger causality)의 문제점을 지적하고 있다.

16 산지 소 가격이 도매가격에 영향을 받는 이유는 가축시장에서의 가격결정이 도매가격을 기반으로 결정되기 때문인 것으로 파악된다. 쇠고기 도매가격이 쇠고기 소비자 가격에 의해 영향을 받는 것은 도매시장에 참여하는 중도매인들이 구매물량을 결정할 때 주로 정육판매업자의 수요를 반영하기 때문이다.

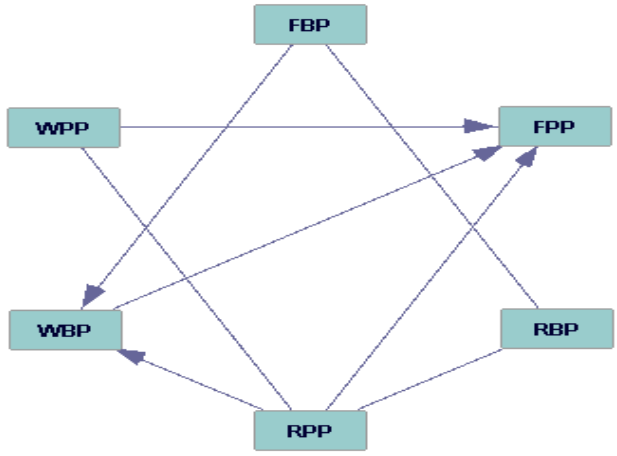
표 6. VECM 그랜저 인과성 검정

종속변수 \ 제외변수	*FBP*	*WBP*	*RBP*	*FPP*	*WPP*	*RPP*
FBP	–	17.16*** (0.00)	9.03*** (0.01)	2.67 (0.2632)	2.24 (0.3251)	2.70 (0.2582)
WBP	2.01 (0.36)	–	10.06*** (0.00)	3.82 (0.14)	5.41* (0.06)	4.30 (0.11)
RBP	15.37*** (0.00)	23.88*** (0.00)	–	14.44*** (0.00)	3.42 (0.18)	22.32*** (0.00)
FPP	1.52 (0.46)	4.34 (0.11)	4.85* (0.08)	–	8.46*** (0.01)	12.35*** (0.00)
WPP	0.54 (0.76)	3.65 (0.16)	2.14 (0.34)	5.02* (0.08)	–	3.25 (0.19)
RPP	1.27 (0.52)	0.40 (0.81)	11.80*** (0.00)	32.52*** (0.00)	3.18 (0.20)	–

주: 1. FBP는 산지 쇠고기 가격, WBP는 도매 쇠고기 가격, RBP는 소매 쇠고기 가격, FPP는 산지 돼지고기 가격, WPP는 도매 돼지고기 가격, RPP는 소매 돼지고기 가격을 의미함.
2. *, ***는 각각 10%, 1% 유의수준을 의미함.
3. 각 항의 숫자는 χ^2 값을 나타내며 괄호 안은 p-값을 나타냄.

한편, GES 알고리듬을 이용한 동시적 인과관계 검정은 VECM 추정을 통해 구해진 분산-공분산 상관계수 행렬을 기반으로 수행되었다. 검정결과는 <그림 2>에 제시되어 있다.[17]

그림 2. GES 알고리듬 동시적 인과성

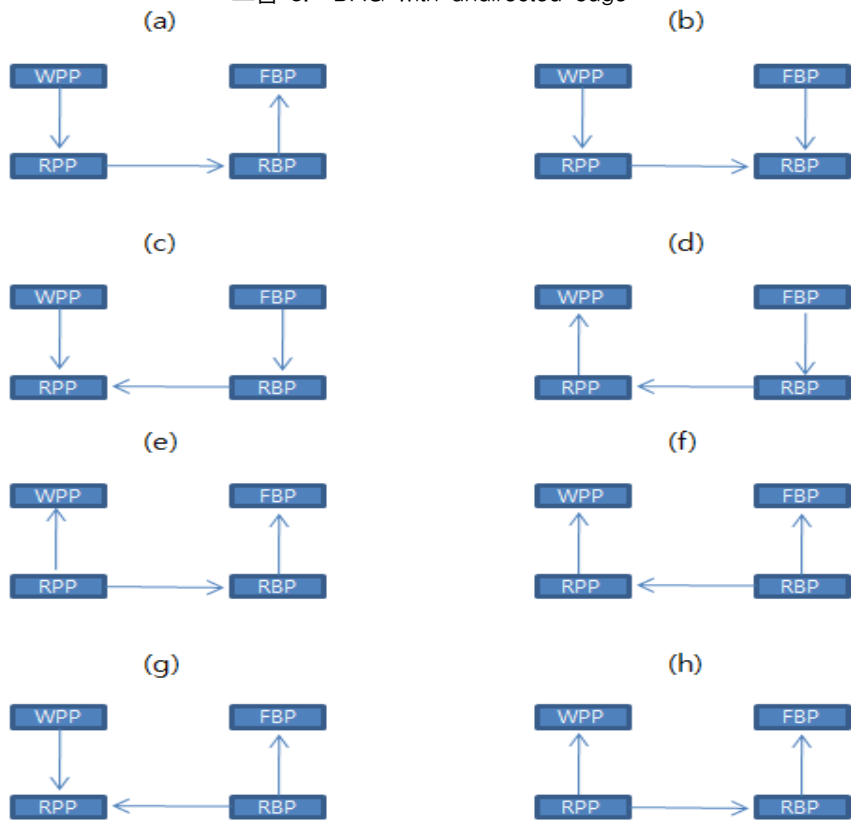


17 GES 알고리듬을 바탕으로 한 인과성 검정은 TETRAD IV를 이용하여 수행하였다.

하지만 <그림 2>는 유통단계별 쇠고기 및 돼지고기의 인과관계에 대한 최종적인 결과는 제시하지 못하고 있다. 즉, *WPP*, *RPP*, *RBP* 및 *FBP* 간에 방향성을 결정하지 못하는 경우(undirected edge)가 발견되고 있다. 이는 GES 알고리듬 상 동일한 *v*-구조와 골격을 가진 동급 DAG가 다수 존재하여 DAG 간의 순위를 결정하지 못하고 있음을 의미한다.

<그림 3>에서는 방향성을 갖지 못한 DAG를 바탕으로 네 변수 간에 나타날 수 있는 동일한 *v*-구조와 골격을 가진 8개의 가능한 모든 동급(equivalence) DAG를 제시하고 있다. 8개의 DAG 중 최적 DAG를 찾기 위해서 Bessler and Yang(2003)과 Park, Mjelde, and Bessler(2006)에서 이용하였던 SUR(Seemingly unrelated regression)과 modified Schwartz information criteria를 적용한다. 즉, *WPP*, *RPP*, *RBP* 및 *FBP*의 4개 변수를 종속변수로 한 VECM을 통해 각 변수의 오차항(innovation)의 시계열을 추정한다. 이를 바탕으로 4개의 SUR 방정식을 구성한 후 SUR 추정을 통해 분산-공분산행렬을 구하고, 이 행렬을 이용하여 얻은 각각의 SIC 값을 비교하여 최적 DAG를 결정

그림 3. DAG with undirected edge



하게 된다.[18] 이를 통해 얻어진 최적 DAG는 <그림 3>의 (a)로 결정되었다.

따라서 GES 알고리듬을 이용한 동시적 인과관계 검정 최종결과는 <그림 4>와 같이 나타낼 수 있다. 더불어 <표 6>에 나타난 그랜저 동태적 인과성 검정을 그림으로 나타낸 결과는 <그림 5>에 제시되어 있다.

그림 4. 동시적 인과성(contemporaneous causality)

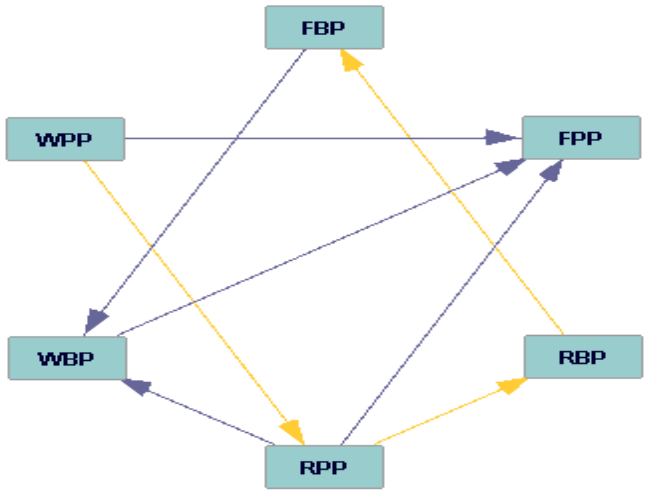
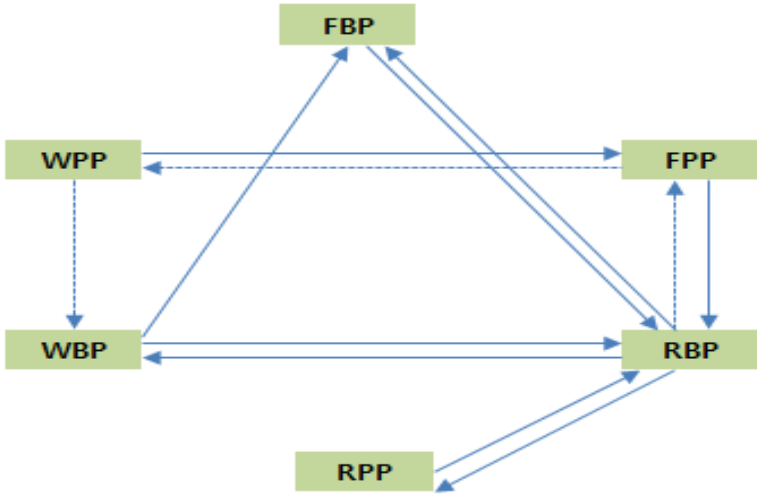


그림 5. 그랜저 인과성(Granger temporal causality)



주: 실선은 1% 유의수준을, 점선은 10% 유의수준을 의미함.

18 이에 대한 보다 자세한 분석절차는 박해선·오완근(2006)을 참조.

<그림 4>에 제시된 동시적 인과관계 검정결과 중 가장 특징적인 사항을 살펴보면, 도매 돼지고기 가격(*WPP*)과 소매 돼지고기 가격(*RPP*)이 쇠고기 및 돼지고기 유통시장 모두에서 가격형성에 중요한 역할을 하고 있는 것을 확인할 수 있다. 특히, 도매시장에서의 돼지고기 가격은 산지(*FPP*) 및 소매가격(*RPP*)에 직접적인 영향을 미치는 것으로 나타나 도매가격에 의해 유통단계별 시장 가격이 결정되는 국내 돈육시장의 상황을 실증적으로 보여주고 있다.[19] 반면, 산지 돼지고기 가격(*FPP*)은 돈육시장 내의 도매 및 산지 가격뿐 아니라 도매 쇠고기 가격(*WBP*)에도 영향을 받는 것으로 나타났다. 한편, 쇠고기 유통시장의 경우를 살펴보면 소매가격(*RBP*)은 산지가격(*FBP*)에 직접적인 영향을 미치고 도매가격(*WBP*)과는 직접적인 인과관계를 보이고 있지 않으나, 산지가격을 통해 도매가격에 간접적으로 영향을 미치는 것으로 나타났다.

이러한 동시적 인과성 검정결과는 그랜저 인과성 검정결과와는 상당한 차이를 나타내고 있다. 이는 기본적으로 인과성 개념의 차이에서 유래한다. 즉, 그랜저 인과성이 원인(cause)이 효과(effect)에 대해 시간적으로 선행한다는 것을 기반으로 하고 있으나, 동시적 인과성은 동일 시간상에서의 인과관계의 흐름을 의미하고 있기 때문에 두 개의 검정결과를 단순 비교하는 것은 상당한 무리가 따른다고 할 수 있다. 또한 서론에서도 언급한 바와 같이, 동시적 인과성 검정은 VAR 모형이나 VECM 모형에서 인과순위의 자의적 배열문제를 해결하는 대안으로서 역할을 수행하는 데에 그 의의가 있다.

3.3. 충격반응함수 및 예측오차분산

쇠고기 및 돼지고기 유통가격에 미치는 확률충격의 동태적 영향을 살펴보기 위해, DAG를 통해 확인된 쇠고기 및 돼지고기 유통가격 간 동시적 인과순위를 반영한 직교화된 구조행렬(orthogonal structural innovation matrix)을 바탕으로 예측오차분산분해(Forecast Error Variance Decomposition)를 수행하였다. 이러한 예측오차분산분해는 시간의 흐름에 따라 어떤 변수가 타 변수에 비해 외생적인지 혹은 내생적인지에 대한 통계적 정보를 제공한다. 따라서 만약 특정 변수의 예측오차분산의 대부분이 그 변수 자체의 오차항에 의해 설명된다면 그 변수는 통계적으로 외생적인 것으로 간주되며, 반

19 돼지 도매가격이 소비자가격에 영향을 미치는 것은 소매 판매업자 입장에서는 도매가격이 원재료비이므로, 만약 도매가격이 상승하면 소매 판매업자는 판매가격에 상승 유인으로 작용하기 때문이다.

대로 만약 확률충격의 대부분이 다른 변수에 의해 설명될 경우는 내생적이라 할 수 있다. <표 7>은 예측오차분산분해의 결과를 보여주고 있다.

<표 7>에서 쇠고기 시장을 살펴보면, 산지 쇠고기 가격(*FBP*)의 1기(개월) 예측오차는 산지가격 자체에 의해 99.8% 거의 설명되고 타 변수에는 거의 영향을 받지 않는 것으로 나타났으며 시간이 지나도 타 변수에 의한 설명력은 거의 변하지 않고 있어 상당히 외생적인 변수로 확인되었다. 반면, 도매 쇠고기 가격(*FBP*)의 경우에는 1기에는 도매가격 자체에 의한 설명력이 가장 높았으나 시간이 경과될수록 산지 쇠고기 가격(*FBP*)의 설명력이 높아져 6기 이후에는 오히려 자기 설명력의 정도보다 높게 나타나 시간이 경과할수록 내생성이 증가하고 있음이 확인되었다. 소매 쇠고기 가격(*RBP*)의 경우에는 1기에는 자기 설명력이 96%에 이를 정도로 매우 높았으나 점차 그 정도는 약화되는 반면, 산지 쇠고기 가격(*FBP*) 및 소매 돼지고기 가격(*RPP*)에 의한 설명력이 상대적으로 커지는 것으로 나타났다.

돼지고기 시장의 경우를 보면, 산지 돼지고기 가격(*FPP*)은 전 기간에 걸쳐 자기설명력 보다는 도매 돼지고기 가격(*WPP*)에 의한 설명력이 가장 큰 것으로 나타났다. 도매 돼지고기 가격(*WPP*)의 경우는 1기에는 전체 충격을 도매가격 자체에 의해 설명하고 있어 극단적인 외생성을 보이고 있으나 점차 그 정도가 약해져 6기에는 79% 정도의 자기 설명력을 가진 것으로 나타났다. 소매 돼지고기 가격(*RPP*) 또한 1기에 자기 설명력이 87%에 이르러 상당히 높은 외생성을 보이고 있으나 시간이 지날수록 그 정도는 감소하고, 대신 도매 돼지고기 가격(*WPP*)에 의한 설명력이 30% 이상을 차지하는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 동시적 인과관계에서도 확인된 쇠고기 및 돼지고기 유통시장에서 도매 돼지고기의 중심적 역할이 단기적 인과관계에서도 유지되고 있음을 시사한다.

한편, 쇠고기 및 돼지고기 유통단계별 가격의 변화에 따라 연관된 다른 단계의 가격이 시간의 흐름에 따라 어떠한 형태로 반응하는지를 충격반응함수(Impulse Response Function: IRF)를 이용하여 살펴보았다.[20]

---

20 충격반응함수는 특정 변수의 오차항이 한 단위 증가할 때 즉, 1 표준편차 크기의 충격이 발생할 때 시간이 경과함에 따라 다른 변수에 얼마만큼 영향을 미치는가를 보여준다.

표 7. 예측오차분산분해

시차(개월)	S.E	FBP	WBP	RBP	FPP	WPP	RPP
FBP							
1	197.63	99.81	0.00	0.18	0.00	0.00	0.01
2	361.25	98.65	0.86	0.23	0.14	0.01	0.11
3	496.45	97.87	1.00	0.58	0.35	0.01	0.19
4	604.02	97.36	0.96	0.83	0.49	0.05	0.32
5	688.42	97.07	0.88	0.94	0.56	0.10	0.45
6	754.67	96.93	0.80	0.96	0.58	0.16	0.59
WBP							
1	369.95	27.94	70.76	0.05	0.00	0.16	1.09
2	520.19	38.08	60.35	0.37	0.04	0.34	0.83
3	642.34	43.77	53.27	1.05	0.29	0.43	1.21
4	742.46	46.74	48.41	1.82	0.41	0.56	2.05
5	823.48	48.07	45.07	2.57	0.44	0.81	3.05
6	888.20	48.42	42.75	3.19	0.42	1.11	4.11
RBP							
1	577.74	0.00	0.00	95.94	0.00	0.52	3.53
2	913.51	2.79	0.23	92.29	0.06	0.85	3.80
3	1162.67	7.95	0.16	86.19	0.10	1.53	4.07
4	1369.94	14.05	0.13	78.61	0.30	1.90	5.02
5	1554.28	19.91	0.17	70.89	0.50	2.20	6.35
6	1722.21	24.89	0.29	63.99	0.62	2.49	7.73
FPP							
1	128.69	0.03	0.07	0.00	30.69	64.10	5.11
2	196.23	0.46	0.50	0.16	30.83	65.85	2.22
3	230.23	1.23	0.80	0.17	32.00	64.18	1.62
4	249.46	2.04	0.83	0.14	32.97	62.61	1.40
5	262.42	2.77	0.78	0.13	33.43	61.52	1.36
6	271.85	3.41	0.73	0.13	33.54	60.76	1.44
WPP							
1	273.25	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00
2	337.46	0.16	0.32	0.06	7.34	91.89	0.22
3	377.06	0.61	0.32	0.14	11.98	86.74	0.21
4	401.00	1.33	0.31	0.16	14.69	83.28	0.24
5	417.29	2.12	0.28	0.16	16.27	80.82	0.35
6	429.54	2.88	0.28	0.15	17.18	78.97	0.54
RPP							
1	349.74	0.00	0.00	0.00	0.00	12.92	87.08
2	563.22	0.12	0.21	0.34	3.49	25.45	70.40
3	707.43	0.92	0.16	0.45	5.49	31.63	61.35
4	811.19	2.25	0.17	0.36	6.47	32.90	57.84
5	896.72	3.70	0.27	0.31	6.92	32.60	56.19
6	972.07	5.04	0.44	0.36	7.06	31.95	55.15

주: FBP는 산지 쇠고기 가격, WBP는 도매 쇠고기 가격, RBP는 소매 쇠고기 가격, FPP는 산지 돼지고기 가격, WPP는 도매 돼지고기 가격, RPP는 소매 돼지고기 가격을 의미함.

그림 6. 산지 쇠고기 가격(*FBP*) 충격반응함수

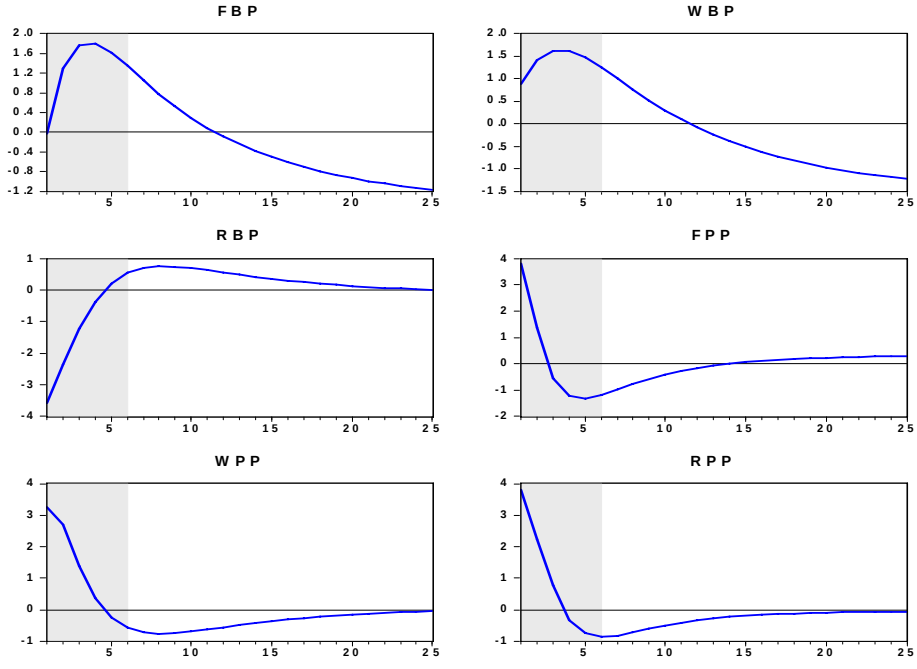


그림 7. 도매 쇠고기 가격(*WBP*) 충격반응함수

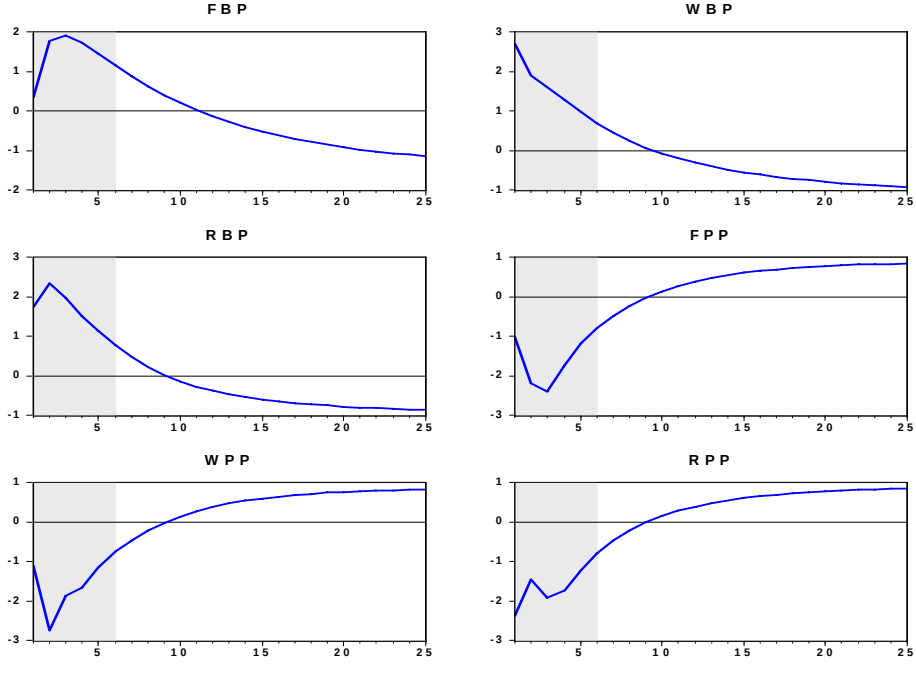


그림 8. 소매 쇠고기 가격(*RBP*) 충격반응함수

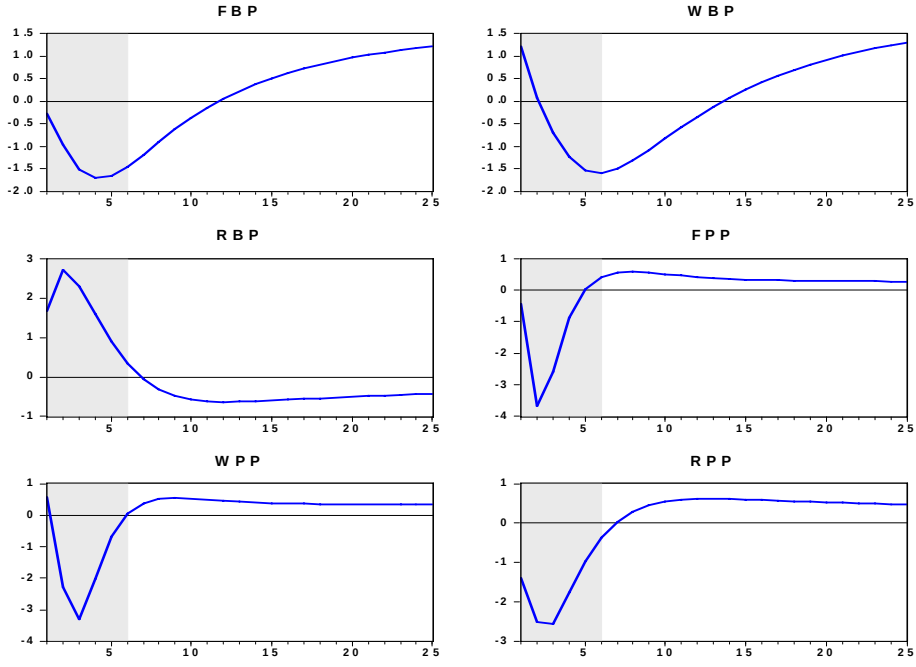


그림 9. 산지 돼지고기 가격(*FPP*) 충격반응함수

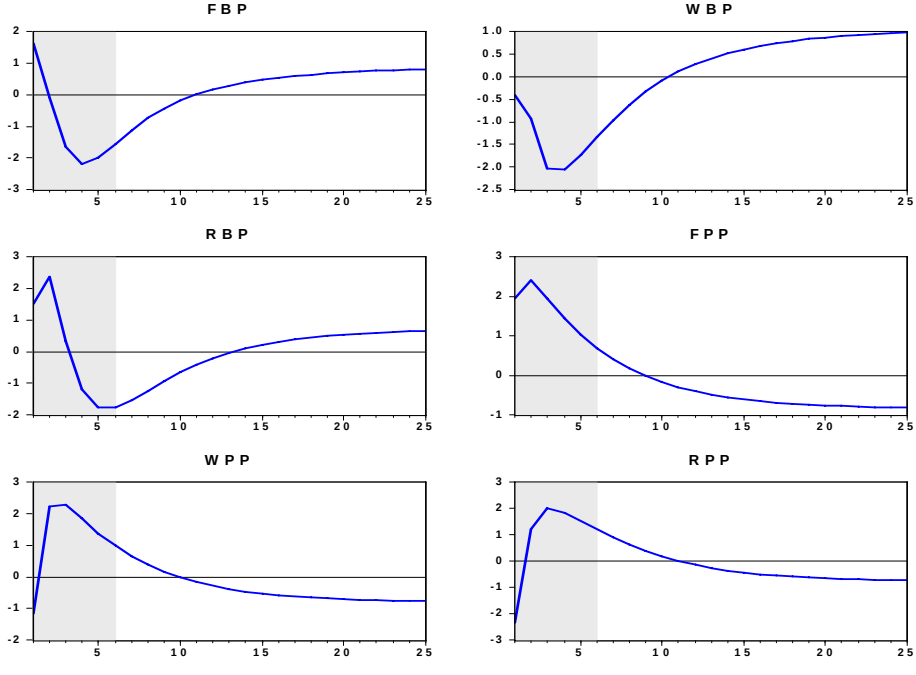


그림 10. 도매 돼지고기 가격(*WPP*) 충격반응함수

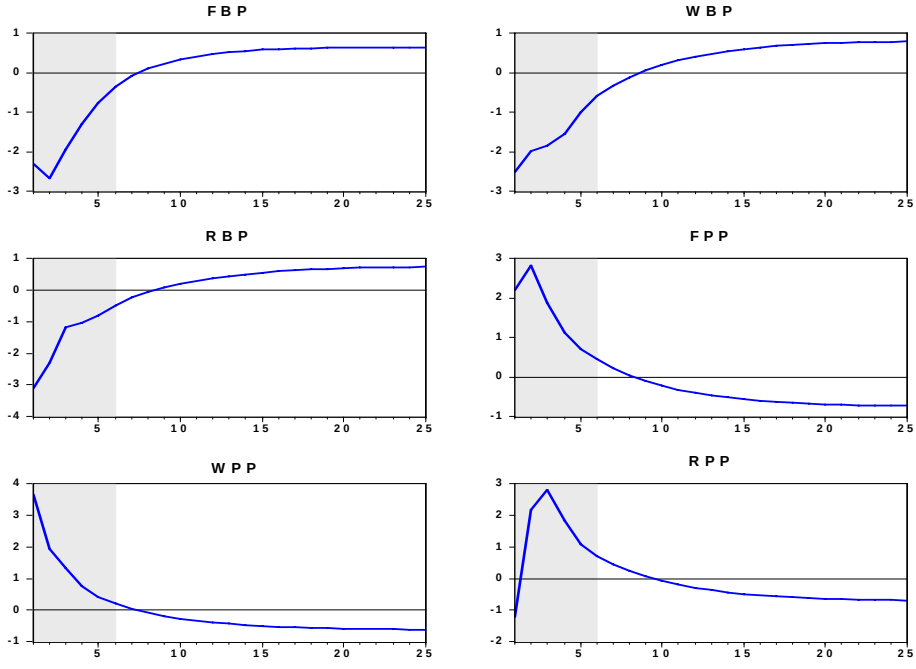
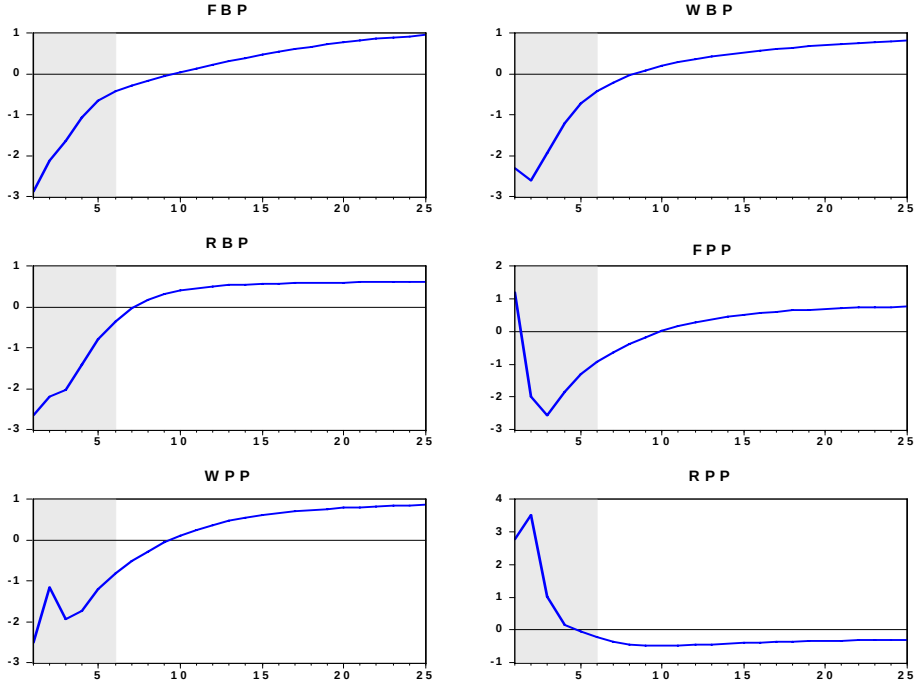


그림 11. 소매 돼지고기 가격(*RPP*) 충격반응함수



각각의 유통단계별 충격반응함수 결과는 <그림 6>부터 <그림 11>에 제시되어 있다.[21] 먼저 산지 쇠고기 가격(*FBP*)에 1 표준편차 크기의 충격이 발생할 때 충격반응함수를 보면, 도매 쇠고기 가격(*WBP*)은 단기적으로는 상승 경향을 보이다 점차 하강하는 모습을 보이며 12개월 이후에는 음(-)의 영향을 받는 것으로 나타났다. 반면, 소매 쇠고기 가격은 단기적으로는 하락하였으나 3기 이후에는 증가하는 것으로 나타났다.

돼지고기 가격의 경우는 모든 단계별 가격에서 단기적으로는 하락하는 추이를 보이다 6기 이후부터 완만한 상승세를 보이고 있다. 도매 쇠고기 가격(*WBP*)의 충격반응함수는 산지 쇠고기와 소매 쇠고기 가격의 패턴이 비슷하게 나타나 단기적으로는 상승하였으나 2-3기 이후에는 감소하는 것으로 나타났다. 돼지고기 시장의 전반적 반응은 단기적으로는 음(-)의 영향을 받는 것으로 보이나 2-3기 이후에는 증가하는 것으로 나타났다. 소매 쇠고기 가격(*RBP*) 충격반응함수 결과를 보면 돼지고기 가격의 반응은 도매 쇠고기 가격(*WBP*)의 충격과 비슷한 양상을 보이나 산지 및 도매 쇠고기 가격에는 단기적으로는 하락하다 6기 이후에 증가하는 상이한 패턴을 나타내고 있다.

한편, 산지 돼지고기 가격(*FPP*) 충격은 쇠고기 시장에는 단기적으로 음(-)의 영향을 미치나 점차 그 강도는 약해져 10기 이후에 양(+)의 영향을 미친다. 반면, 돼지고기 시장에는 쇠고기 시장과 반대되는 영향을 미치는 것으로 나타나고 있다. 도매 돼지고기 가격(*WPP*) 충격반응함수의 결과는 소매 쇠고기 가격에 미치는 영향을 제외하고는 산지 돼지고기 가격이 미치는 충격패턴과 유사성을 보이고 있다. 마지막으로 소매 돼지고기 가격(*RPP*)의 충격이 유통 단계별 쇠고기 가격에 미치는 영향은 도매 돼지고기 가격이 미치는 충격패턴과 상당히 유사한 반면 산지 및 도매 돼지고기 가격에 미치는 영향은 거의 반대의 모습을 나타내고 있다.

4. 요약 및 결론

축산물 유통단계 간 가격정보 전달채널의 메커니즘을 파악하고, 축산물 가격발견과정을 정확히 이해하기 위하여 각 단계의 가격 사이의 인과관계를 밝히고자 한 다양한 연구가 수행되어 왔다. 이러한 가격 간 인과관계 검정은 축산물 시장에서의 가격결정에 가장 중심이 되는 시장가격, 즉 주도가격의 파악을 가능하게 하여 유통의 효율성을

21 각각의 그림 안에 음영으로 표시된 부분은 1기부터 6기까지를 의미한다.

제고하고 축산물 가격정책을 수립하는 데 유용하게 사용될 수 있다. 하지만 그동안 축산물 가격 간 인과성 검증에 대한 연구들은 분석 방법 및 대상의 차이로 인하여 개별 연구별로 상이한 결론을 제시하였다. 또한, 대다수의 인과관계를 분석한 연구들은 그랜저 인과관계 방법론을 이용하고 있어 확률적 오차항의 상관관계로 인해 존재할 수 있는 간접적인 인과 경로에 대한 정보는 제공하지 못하는 단점이 있다.

본 연구에서는 시간상의 인과성을 반영하는 그랜저 검정과 더불어 시간상 흐름에 연동되지 않는 동시적 인과관계를 바탕으로 한 방향지시 비순환성 그래프(DAG)이론을 이용하여 쇠고기 및 돼지고기 유통단계의 가격 간 인과관계를 분석하였다. 동시적 인과관계 분석 결과 쇠고기 유통시장에서는 소매가격이 시장가격에 가장 큰 영향을 미치는 것으로 파악되었으며, 돼지고기 유통시장에서는 도매가격이 가격형성에 가장 중심적인 역할을 하는 것으로 나타났다.

아울러 DAG를 통해 나타난 가격 간 인과관계를 기반으로 한 오차수정모형을 추정한 후 예측오차분산분해 및 충격반응함수를 이용하여 유통단계의 가격 간에 일어나는 단기적 인과관계를 살펴보았다. 예측오차분산분해 결과, 쇠고기 시장에서는 산지가격이 예측오차분산의 대부분을 자체적으로 설명하는 것으로 나타나 상당히 외생적인 변수로 확인되었다. 돼지고기의 경우 도매시장의 외생성이 가장 높았으며 타 변수에 대한 설명력 역시 높게 나타나 도매가격이 가격결정에 중심이 된다는 사실을 재확인하였다. 또한 충격반응함수를 통해 시간흐름에 따라 유통단계별 축산물 가격의 변화가 연계된 다른 가격에 미치는 다양한 반응을 확인하였다.

한편, 본 연구에서는 쇠고기 및 돼지고기 시장에서 발생할 수 있는 구조적 변화가 고려되지 않았다. 두 시장에서 발생한 구조변화는 그 시점을 기준으로 인과관계의 형태 역시 변화시킬 수 있다. 따라서 향후 연구에서는 다양한 탐색과정을 통해 구조변화가 확인될 경우 그 변화시점을 기준으로 전과 후를 구분하여 각 유통단계별 가격 사이의 동태적 변화를 비교·분석한다면 보다 구체적인 정책적 함의를 도출할 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

권용덕, 최규섭. 1998. “육류 도매시장의 통합성 검정과 가격의 동태적 연계성 분석: 공적분 검정 방법을 중심으로.”「농업경제연구」39(2): 37-62.

박호정, 윤원철. 2003. “VAR와 그래프 이론을 이용한 시계열의 인과성 분석.”「자원·환경경제연구」12(4): 687-708.

박호정, 윤원철. 2006. “오차수정모형과 그래프 이론을 이용한 국제유가의 동시 및 단기가격발견 과정에 관한 연구.”「자원·환경경제연구」15(3): 479-504.

박환재. 2007. “역수요모형과 한국육류시장의 수요분석.”「경제학연구」56(2): 5-37.

박해선, 오완근. 2006. “그래프이론(DAG)을 이용한 국민소득과 에너지 간의 동시적 인과관계 분석.”「한국경제연구」17(12): 289-313.

양승룡. 2003. “축산물 가격의 인과성 검정: 사료곡물에서 소매단계까지.”「농업경제연구」44(2): 91-110.

이병기. 2001. “축산물 가격의 동태적 조정과 시사점 - 돼지고기가격의 변동요인 분석.”「농업경제연구」42(1): 63-84.

이정희. 2001. “육류시장의 유통단계별 연계성 분석.” 한국유통학회 동계학술대회 발표문.

정민국, 허덕. 2000. “유통단계별 쇠고기가격의 인과성 분석.”「농촌경제」23(1): 56-66.

Bernanke, B. 1986. “Alternative Explanations of the Money-Income Correlation.” *Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy* 25(1): 49-99.

Bessler, D.A. and Brandt J.A. 1982. “Causality Test in Livestock Markets.” *American Journal of Agricultural Economics* 64(1): 140-144.

Bessler, D.A. and Akleman D.G. 1998. “Farm Prices, Retail Prices, and Directed Graphs: Results for Pork and Beef.” *American Journal of Agricultural Economics* 80(5): 1144-1149.

Bessler, D.A. and Lee S. 2002. “Money and Prices: U.S. Data 1869-1914 (A Study with Directed Graphs).” *Empirical Economics* 27(3): 427-446.

Bessler, D.A. and Yang J. 2003. “The Structure of Independence in International Stock Market.” *Journal of International Money and Finance* 22: 261-287.

Chong, H., Zey, M. and Bessler, D.A. 2010. “On Corporate Structure, Strategy, and Performance.” *Managerial and Decision Economics* 31(1): 47-62.

Chickering, D.M. 2002. “Optimal Structure Identification with Greedy Search.” *Journal of Machine Learning Research* 3: 507-554.

Dufour, J.M., and Taamouti A. 2010. “Short and long run causality measures: Theory and inference.” *Journal of Econometrics* 154(1): 42-58.

Hoover, R. 2005. “Automatic Inference of the Contemporaneous Causal Order of a System of Equations.” *Econometric Theory* 25(1): 69-77.

Johansen, S. 1988. “Statistical Analysis of Cointegration Vector.” *Journal of Economic Dynamics and Control* 12(2-3): 231-254.

Juselius, K. 2006. *The Cointegrated VAR Model*. Oxford University Press.

Lütkepohl. H. 2005. *New Introduction to Multiple Time Series*. Springer. pp. 49-50.

Park, H., J.W. Mjelde and Bessler D.A. 2006. "Price Dynamics among U.S. Electricity Spot Markets." *Energy Economics* 28(1): 81-101.

Pearl. J. 2000. *Causality: Models, Reasoning, and Inference*. Cambridge Press.

Sims, C. 1986. "Are Forecasting Models Usable for Policy Analysis?" *Federal Bank of Minneapolis Quarterly Review* 10: 2-15.

Spirtes, P., C. Glymour, and Schines R. 2000. *Causation, Prediction and Search*. Cambridge, MA: MIT Press.

Swanson, N.R., and Granger C.W.J. 2005. "Impulse Response Function Based on a Causal Approach to Residual Orthogonalization in Vector Autoregressions." *Journal of American Statistical Association* 92(437): 357-367.

원고 접수일: 2012년 1월 13일
원고 심사일: 2012년 1월 25일
심사 완료일: 2012년 4월 16일