수산물의 인위적 증량 판별법

Methods for Artificially Weight-gained Fishery Products

이재환*

Lee Jae Hwan*

성균관대학교 식품생명공학과

Department of Food Science & Biotechnology, Sung Kyun Kwan University

서론

수산물의 adulteration은 부당한 경제적 이득을 목적으로 이종의 어류를 혼합하거나 원산지를 속이는 행위가 자주 적발된다. DNA를 활용하여 이종간 혼합에 의한 adulteration 판별에 대한 방법이 많이 보고되었다[1-3]. 어류가 자연에서 유래한지 혹은 양식된 어류인지에 대한 adulteration도 자주 발생하며[4,5], 근적외선분광분석기(Near Infrared, NIR), 핵자기공명분광분석기(Nuclear magnetic resonance, NMR), 퓨리에변환근적외선분광분석기(Fourier transform infrared, FT-IR) 등의 분광학적 특징을 근거로 하는 방법이 원산지나 양식 여부를 판단하는 기법으로 개발되었다[4]. 또 다른 형태의 수산물 adulteration은 인위적인 수산물 무게의 증량이다. 인위적 증량 수산물의 역사는 인류의 역사 만큼 오래된 문제로 이들을 판별하려는 노력 역시 계속되어 왔다. 거의 모든 수산물이 인위적 증량의 대상이 될 수 있는 실정이며 무게 증량을 목적으로 비가식 물질(금속, 돌 등)이나 가식 가능한 성분(한천 등)을 인위적으로 삽입하거나 바다수산물에 민물을 활용하여 삼투압 현상으로 인위적 증량을 유도하는 방법이 많이 사용되어 왔다. 또한 인산염 등을 활용하여 수산물의 조직을 단단하게 만들어 증량된 수분이 이액되는 것을 방지하는 증량 방법이 사용되기 도 하다.

다양한 수산물(새우, 소라, 해삼, 낙지, 관자, 냉동새우)에 대한 증량사례가 보고되고 있는 실정이나 이들에 대한 과학적이고 객관적인 판별법에 대한 보고는 상당히 적은 상황이다. 본 논문에서는 국내 수산물의 인위적 증량 사례 및 수산물의 인위적 증량 판별 기법을 소개 하고 자 한다.

외국에서 수입되는 수산물의 경우 생물이 아닌 경우 동결상태에서 수입되며 하나하나 개별적 형태보다는 block 형태로 수입되는 경우가 많다. Block 형태일 때에는 수입기간 중 수분의 손실과 수산물의 보호를 목적으로 물을 추가로 외부에 첨가하는 글레이징(glazing) 공정을 처리한다. 수산물에 인위적인 증량을 통해 경제적 부당이득을 취

* Correspondence to: Lee Jae Hwan
Department of Food Science and Biotechnology, Sungkyunkwan University,
2066 Seobu-ro, Jangan-gu, Suwon, Gyeonggi-do 16419, Republic of Korea
Tel: +82-31-290-7809 Fax: +82-31-290-7882 E-mail: s3hun@skku.edu

하고 자 하는 경우, 수산물 자체에 수분 혹은 이물을 첨가하거나 glazing 단계에 과도한 물을 첨가하여 실제 중량을 속이는 경우가 대부분이다.

본론

1. 수산물의 인위적 증량에 사용되는 방법 및 국내에서 발생한 수산물 증량 관련 주요 사례

○ 수산물의 인위적 증량을 위해 사용하는 첨가물질의 유형 및 방식은 다음과 같다.

– 수산물의 인위적 증량 방법은 물 또는 얼음을 이용한 글레이징과 이물질을 수산물 내에 주입하는 방식으로 나눌 수 있다. 앞에서 언급되었듯이 글레이징은 모든 냉동 수산물에는 품질 유지를 위해 필수적으로 행하고 있는 공정 중 하나로 물에 침지하는 방식과 솔 등의 도구를 이용해 바르는 방식을 이용한다.

– 비가식 물질인 납 및 철사 등의 금속물질을 수산물에 첨가하여 무게를 중량시키는 방식이 사용되었다. 금속탐지기 등을 활용하면 이들 금속에 의한 증량품을 찾아 낼 수 있다. 글레이징 시 인산염류, 수산화나트륨 등을 첨가하여 수산물 조직에 과도한 수분을 유입시켜 증량시키는 방법이 사용되었다. 또한 적극적으로 한천 등 가식 가능한 첨가물질을 주사기 바늘 등을 이용하여 인위적으로 수산물에 주입하는 방법이 사용되었고 빙초산 등을 이용하여 수산물 조직 내 수분 유입방법 등이 적발되었다.

– 단순히 수산물의 품질유지를 위하여 표면에 물 또는 얼음으로 글레이징을 하는 것은 상업적으로 어느 정도 허용되고 있으나, 인산염, 수산화나트륨, 빙초산, 비료, 붕사 등의 화학물질을 첨가하여 삼투압 효과를 이용해 수산물의 조직 내로 수분을 강제로 유입시켜 증량하는 것이 문제되고 있다. 특히 인산염은 “폴리인산”과 “메타인산” 등이 있다. 인산염은 어묵, 햄, 소시지 등 육류의 보수성을 높여 결착성을 좋게 하기 위해 사용되고 있으며 단백질과 펙틴 작용을 가용화하여 육류 조직의 결착성과 신장성을 높이며 이 밖에도 비타민 C의 분해 방지 작용, 착색료의 변색 방지 작용, pH의 완충 작용 등이 있어 다목적으로 사용되고 있으며 인위적 증량에도 사용된다.

– 한천을 비롯한 젤라틴, 녹말 등의 인위적 주입의 경우, 일상적으로 식품으로 사용하고 있는 인체 무해한 성분일 뿐만 아니라 냉동시 수산물 조직(육질)과 쉽게 결착하여 육안으로 구분이 쉽지 않고, 수산물의 외관 등의 변화가 두드러지게 나타나지 않는 등 인위적 증량여부를 판별하기 어려운 특징이 있다.

○ 주요 첨가물질 처리 수산물 품목 및 사용목적 분석은 Table 1에 나타내었다.

인위적 증량 주요 수산물 품목은 새우, 낙지, 해삼, 소라, 오징어, 관자 등 대부분의 냉동수산물로 인산염, 수산화나트륨, 빙초산, 메타규산나트륨 등을 이용하여 글레이징을 통한 증량이 이루어지고 있다. 오징어, 주꾸미와 같은 연체동물 및 동태살 등의 경우 증량 목적으로 인산염을 주로 사용한다. 샥스핀의 경우 가공처리 시 핸들링을 용이하게 할 목적으로 메타규산나트륨 사용한다.

가오리의 경우 조직연화로 수분의 조직 내 유입을 증가시키기 위해 빙초산을 사용한다. 선도유지 및 산패 방지를 위한 관행으로 수산물 본래의 중량대로 표시

Table 1. 인위적 증량 주요 품목별 첨가물질 및 증량 방법

품목	첨가물질 및 증량방법
새우	한천 등 첨가물질 강제 주입(머리, 몸통 등)
낙지, 주꾸미	인산염류, 수산화나트륨 침지 및 첨가물질 강제 주입(머리 등)
가오리	빙초산, 차아염소산나트륨 등 침지
동태살	인산염 등 침지
오징어	인산염, 수산화나트륨 등 침지
관자	인산염, 수산화나트륨 등 침지
샥스핀	메타규산나트륨 침지
해삼, 소라	인산염, 수산화나트륨 등 침지

Table 2. 수입수산물의 불법적 인위적 증량 적발 사례 주요 내용

연도/월	대상 수산물	첨가물질	주요내용
2013/3	복어	물(얼음)	복어껍질 가공 시 빙초산을 넣은 물로 글레이징
2013/4	새우	물(얼음)	냉동새우에 얼음을 입혀 증량(순증량 21.5% 증가)
2013/5	참소라, 해삼	수산화나트륨	마른 해삼과 참소라를 수산화나트륨과 물로 증량(20-30% 증량)
2013/5	소라, 해삼	수산화나트륨, 인산염	마른 소라와 해삼을 양잿물과 인산염에 담가 증량(150% 증량)
2014/9	소라살, 새우살	물(얼음)	냉동 소라와 새우를 물로 글레이징(최대 200% 증량, 수분함량 50%)
2015/2	냉동굴, 냉동바지락살, 냉동오징어	물(얼음)	세척 후 물기를 제거하지 않고 냉동하여 글레이징(냉동굴:순증량 51%, 바지락살 및 오징어 살:순증량 23-49%)
2015/5	냉동 주꾸미	물(얼음)	실제 중량보다 1.9-9.1%까지 증량 하여 표시(순증량은 허용오차가 1.5% 이내)
2017/2	냉동 새우, 오징어	물(얼음)	해동 시 표시중량 미달(허용 범위 초과)
2017/6	키조개, 새우살	물(얼음)	해동 시 표시중량 미달(허용 범위 초과)

한다면 법적으로 문제시 되지 않으며, 관례적으로 원물 중량대비 표기기준 3 ~ 5% 오차범위 허용된다.

- 식품의약품안전처 사이트 내 수입수산물 부적합 정보 검색 결과, 2014년 10월부터 2015년 9월까지 총 82건의 부적합 사례가 보고되었다. 주요 부적합 어종은 냉동낙지, 새우, 가리비, 가재, 장어 등이었으며 주요 부적합 사유는 원산지 표기 위반, 기준규격 위반, 외관 및 색택 불량, 인위적 물 주입 등 이었다. 식품안전정보원의 불법증량 수산물 DB 자료에 따르면, 다수의 불법 증량 사례가 보고되었으며 주요 대상 수산물은 오징어, 새우, 해삼, 소라, 주꾸미 등이었고 주요 대상 첨가물질은 물(얼음), 수산화나트륨, 인산염 등 이다(Table 2)[6].

2. 인위적 증량 수산물에 대한 국내 규정 및 판별법

식품의약품안전처에서는 냉동수산물 내용량 확인방법 및 판정기준을 설정 해 두었다. 강제 물 주입 냉동어류 검사방법은 검체 채취 및 외관 검사, 해동검사로 나누어진다. 해동검사는 표면만 미세해동(2 ~ 2.5시간 소요) 실시하며, 일정표면이 미해동시 수돗물을 이용 글레이징에 의한 표면 얼음을 완전 제거해야 하며 과해동되어 얼음 입자가 녹기 전에 절단 · 검견해야 한다. 구체적인 검사방법 및 판정기준은 다음과 같다[7].

2.1.1. 검사방법

가. 검체채취

(1) 검체는 냉동보관창고의 물품 적재상태 등을 감안하여 검체의 채취 및 취급방법 등에 따라 대표성 있게 채취하여야 한다.

(2) 소포장이 되어 있지 않은 제품은 채점개수 중 글레이징(glazing)이 많이 된 제품 1개 이상을 검체로 채취한다.

(3) 소포장이 되어 있는 제품은 채점개수의 50% 범위 내에서 단위 포장별로 검체를 채취한다. 다만, 검체가 중량 차이가 없다고 판단될 경우에는 1개만을 채취할 수 있다.

나. 글레이징 제거방법

(1) 검체의 글레이징 제거는 해동장비(수도시설, 해동용 팬, 탈수용 체, 전자저울 등)가 갖추어진 실내에서 실시하여야 한다.

(2) 원형의 냉동어 · 패류제품(어류, 두족류의 경우 두절, 내장제거까지 포함하며, 갑각류, 패류는 원형인 것)

- 검체를 방수용 비닐봉지에 담은 후 상온의 수도수를 유수 살포하여 글레이징을 제거하며, 물의 수압은 검체 껍질이나 비늘이 벗겨지지 않을 정도의 수압을 유지하여야 한다.
- 글레이징 제거 종결시점은 블록(Block)인 경우에는 블록이 해체되어 어체 사이에 있는 얼음이 제거됨은 물론 각 어체 표면의 글레이징이 제거되어 제품표면을 만져 보았을 때 얼음이 느껴지지 않을 때까지로 하고, 드립(drip)이 유출되지 않도록 하여야 한다.
- 글레이징 제거가 끝난 제품은 탈수용 체(구멍이 1~3mm)에 담아 약 20° 기울기로 2분정도 물빼기를 한다.

(3) 기타 냉동어 · 패류 제품(원형의 냉동어 · 패류 제품을 제외한 것)

- 검체를 방수용 비닐봉지에 담아 상온의 흐르는 수도수에 글레이징이 완전히 제거될 때까지 침지시킨다.
- 글레이징 제거 종결시점은 얼음이 느껴지지 않을 때까지로 하며, 블록제품의 경우 어체 사이의 얼음이 제거됨은 물론 각 어체 표면의 글레이징이 제거되어야 하고, 드립이 유출되지 않도록 하여야 한다.
- 글레이징이 제거된 검체는 탈수용 체(구멍이 1~3mm)에 담아 약 20° 기울기로 2분정도 물빼기를 한다.

2.1.2. 판정기준 및 조치사항

가. 내용량 확인방법

(1) 글레이징제거 후 물빼기가 끝난 검체를 저울에 달아 중량을 확인한다.

※저울은 1g까지 확인이 가능한 전자저울을 사용하며, 사용시에는 영점조정 및 감도를 확인하여야 한다.

(2) 검체가 2개 이상인 경우 최종 확인중량은 물빼기가 끝난 검체의 평균중량으로 한다.

(3) 글레이징이 안된 제품은 냉동된 상태에서의 중량을 내용량으로 인정한다.

나. 내용량 부족 시 조치방법

(1) 내용량이 식품등의 표시기준의 표시된 양과 실제량과의 부족량의 허용오차범위를 초과하는 경우에는 수입신고인 및 보세장치장에 문서로 표시사항을 보완하도록 통보한다.

(2) 수입신고인 또는 보세장치장으로 부터 표시사항 보완 완료 통보를 받은 때에는 표시사항 보완 여부를 확인한 후 그 결과에 따라 처리한다.

다. 원물 중량대비 표기기준 오차범위 허용

다음은 원물 중량 표기기준의 허용 오차범위이다.

Table 3.

적용분류	표시량	허용오차
중량	50g 이하	9%
	50g 초과 100g 이하	4.5g
	100g 초과 200g 이하	4.5%
	200g 초과 300g 이하	9g
	300g 초과 500g 이하	3%
	500g 초과 1 kg 이하	15g
	1 kg 초과 10 kg 이하	1.5%
	10 kg 초과 15 kg 이하	150g
	15kg 초과	1%
용량	50mL 이하	9%
	50mL 초과 100mL 이하	4.5mL
	100mL 초과 200mL 이하	4.5%
	200mL 초과 300mL 이하	9mL
	300mL 초과 500mL 이하	3%
	500mL 초과 1L 이하	15mL
	1L 초과 10L 이하	1.5%
	10L 초과 15L 이하	150mL
	15L 초과	1%

다음의 어느 하나에 해당하는 경우로서 식품을 변조된 중량으로 판매하거나 판매할 목적으로 제조 · 가공 · 저장 · 운반 또는 진열 등 영업에 사용한 경우

(1) 식품에 납 · 얼음 · 한천 · 물 등 이물을 혼입시킨 경우
(2) 냉동수산물의 내용량이 부족량 허용오차를 위반하면서 냉동수산물에 얼음막을 내용량의 20%를 초과하도록 생성시킨 경우

근거법령: 법 제71조, 법 제72조, 법 제75조 및 법 제76조

영업허가 · 등록 취소 또는 영업소 폐쇄와 해당 제품 폐기이며 한번만 어겨도 시장에서 퇴출시키는 원스트라이크 아웃제이다.

위와 같이 현재 국내에서는 관능적인 특징 변화 및 검사원의 주관적인 판단에 의해 인위적 증량 수산물의 판단이 결정되기에 과학적인 판별법 개발이 필요한 상황이다.

3. 한천, 젤라틴 등 이물의 판별법 및 인산염에 의한 인위적 증량 수산물의 검출

가). 한천, 녹말 등 탄수화물 근간 이물이 들어간 경우 요오드 반응, 베네딕트 이용, DNS 방법 등 화학적 정색반응을 통해 이물의 검출이 가능하다. 요오드 시약에 의해 진한 청색 등 정색반응이 나타날 경우 한천 또는 타피오카 녹말을 주입한 것으로 판별할 수 있다. 젤라틴을 이물로 사용하는 경우에는 뷰렛 반응을 활용한 단백질 검색법이 보고되었다.

나) 인산염에 의한 인위적 증량 판별법

인산염 분석에는 박층크로마토그래피, 이온크로마토그래피, 모세관전기이동 등 여러 시험법이 제안되고 있으나 국제적으로 공인된 방법으로는 박층크로마토그래피를 사용하는 ISO 5553 Meat and meat products – Detection of polyphosphates 밖에 없는 실정이다. 인산염의 분석법으로 이용되는 방법으로는 Classical methods, Chromatographic methods(IC, TLC), Capillary electrophoresis가 있으며 추가적인 분석법 연구 분야로는 핵자기공명분광분석기 NMR, Thermo-differential-photometry (TDF), Microwave dielectric spectroscopy이 있다[8]. 대부분 수산물은 ATP 형태로 많은 인을 갖고 있고 또한 가공 중 수분보수력 증가 등의 이유로 인위적 첨가가 가능하기에 가공품에서 인성분은 다량 함유되어 있다(Table 3). 반면에 원물의 경우 생물이 갖는 인의 함량만을 갖고 있기에 인위적 증량에 의해 과량 검출되거나 혹은 수분증량으로 과소로 검출되면 인위적 증량품이라고 의심할 수 있다. 다만 처리 중 발생하는 ATP loss 등에 의해 인의 함량이 낮아지면 수분만으로 증량된 경우와 분별이 어려울 수 있는 한계점이 있다.

Table 4. 생새우와 가공새우의 인산염 모리터링 결과[8]

새우	PO_4 (mg/kg)	P_2O_7 (mg/kg)	P_3O_{10} (mg/kg)	P_3O_9 (mg/kg)
생새우	4,135	n.d.	n.d.	n.d.
	6,825	n.d.	n.d.	n.d.
	6,105	n.d.	n.d.	n.d.
	3,400	n.d.	n.d.	n.d.
	4,465	n.d.	n.d.	n.d.
	3,490	n.d.	n.d.	n.d.
	2,045	n.d.	n.d.	n.d.
가공새우	4,100	920	5,165	n.d.
	3,655	n.d.	n.d.	n.d.
	2,955	3,200	4,230	n.d.
	1,690	1,955	19,620	n.d.
	1,725	1,725	1,355	330
	2,000	1,920	n.d.	n.d.
	3,040	n.d.	n.d.	n.d.
	1,990	2,275	7,695	740

n.d. : not detected

4. 물리적 판별법에 의한 인위적 증량 수산물의 검출

Vibrational spectroscopic

techniques(Near infrared, Mid-infrared, Raman spectroscopy, hyperspectral imaging)은 위조 식품 판별에 적용 가능성에 대해 많은 연구가 보고되었다[9]. Raman spectroscopy는 단백질, 수분, 지방 함량에 대한 정보를 제공가능하며 어류의 근육에 지방함량을 측정하는 데 활용 되었다[11].

4.1. 근적외선(NIR) 및 마이크로파활용 판별법

- 수분 분자의 vibration, rotation 움직임성을 보이며 vibration은 O-H stretching에 의해 유래되는 950 nm, 1450 nm, 1200 nm, 970 nm 을 Attenuated total reflectance(ATR) 장치가 있는 퓨리에변환 근적외선분광분석기(FT-IR) 또는 근적외선분광분석기(NIR)로 측정이 가능하다. 실제로 벌꿀의 NIR 수분 패턴을 통해 위조 여부를 판단 가능함이 보고되었다[11]. 하지만 biological 시료에서는 한계를 나타낸 수 있다[11].

  낙지의 경우 원물과 인위적 증량품의 NIRs 스펙트럼 비교 시 OH- 결합을 보여주는 970 nm 내외의 스펙트럼에서 유의적인 차이 또는 일관된 경향성을 보이지 않았기에 특정 파장 대역대의 차이점을 비교할 목적으로 부분최소자승 회귀분석법(PLS Regression)을 활용하여 판별 모델을 활용한 방법이 보고되기도 하였다(Fig 1).

- 낙지에 물 주입 전후의 마이크로파 투과신호와 반사신호를 측정 했을 때, 물 주입된 시료에서 초음파 전달 속도가 증가한다. 즉 냉장 낙지 내부의 수분 증가는 초음파 전달 속도를 증가 시키고 마이크로파 감쇠현상을 증가 시킨다(Fig 2)[12]. 이 현상을 활용하면 원물과 증량품간의 차이를 어느 정도 예측가능하나 실제 상황에서 적용하기 위해서는 추가적인 연구가 필요하다.

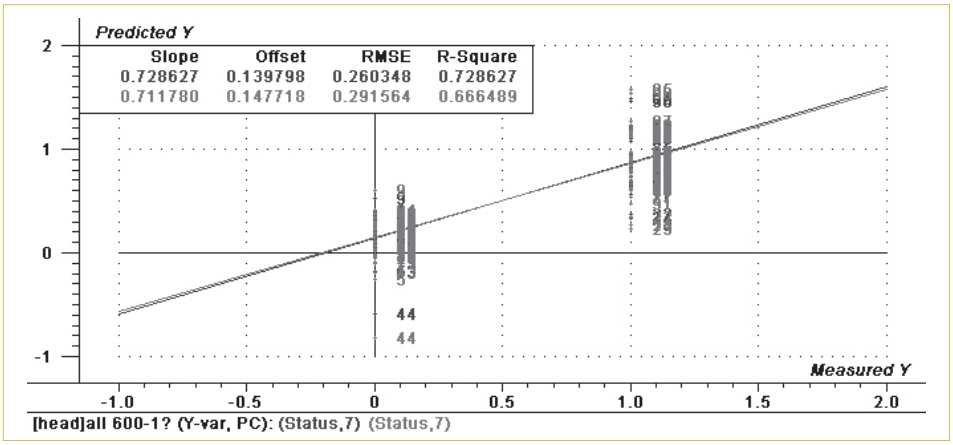

Fig 1. 낙지 원물과 증량품의 PLS 분석 결과

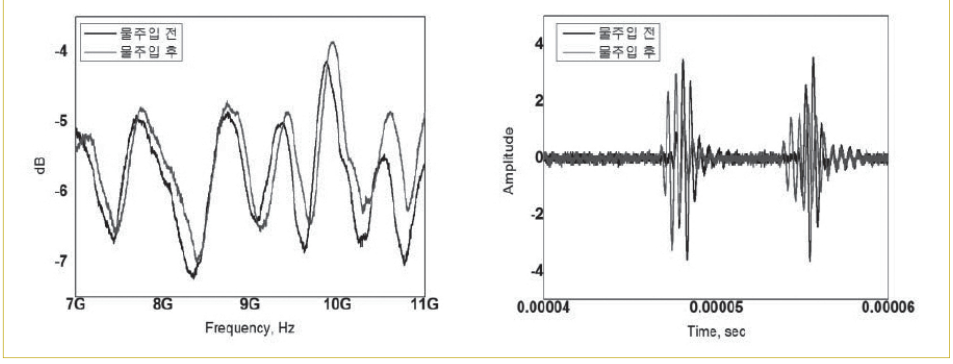

Fig 2. 냉장 낙지에 물 주입 전후의 마이크로파의 변화[12]

4.2 Hyperspectral imaging 을 활용한 검출법

Hyperspectral imaging은 디지털 이미지 기술과 분광광도계 기법을 통합하여 공간적 정보를 영상화 시키는 기술로 다양한 분야에서 활용되어 왔다. 수산물에 이물이 오염되어 있거나 신선도, 조성의 변화에 대해 활용되었으며 새우의 경우 한

천이 들어간 경우를 검출 할 수 있다[13].

Wu 등[13]은 이 기술을 활용하여 젤라틴이 첨가된 새우와 원물의 차이를 확인하여 보고하였다(Fig 3).

4.3. 3차원 스캐닝을 활용한 인위적 증량 수산물의 검출법

기존의 판별법은 냉동 수산물의 글레이징을 제거 후 각각의 개체를 대상으로 활용되는 방법이다. 실제 수입검사소에서는 수입 수입산물이 block 형태로 수입되기에 글레이징 제거 공정 없이 그대로 증량여부를 판단하는 방법이 필요하다. 얼음의 밀도는 0℃에서 0.9167 g/cm^3 이지만 물의 경우에는 0.9998 g/cm^{3}이고 -180℃에서 0.9340g/cm^{3}로 증가한다. 냉동 오징어의 밀도는 -1.5℃에서 1.062 g/cm^{3}로, -40℃에서는 0.990 g/cm^{3}로 보고되었다[15]. 얼음은 온도가 낮을수록 밀도가 증가하나 실제 수산물의 경우에는 오히려 더 감소한다[15]. 만약 block 형태로 된 수산물의 부피를 측정할 수 있다면 무게에 따른 밀도를 알 수 있기에 인위적 증량된 수산물의 판별 여부가 더 쉬워 질 것이다. 3D 스캐닝은 최근 연구되고 있는 기법으로 물체를 스캔하여 영상화 과정을 거쳐 부피를 측정할 수 있는 방법이다. 다음 Fig. 4는 냉동 낙지block 시료에 대해 시료거치, 3D 스캔, 프로그램을 통한 영상화 처리 과정에 대해 소개한 것이다.

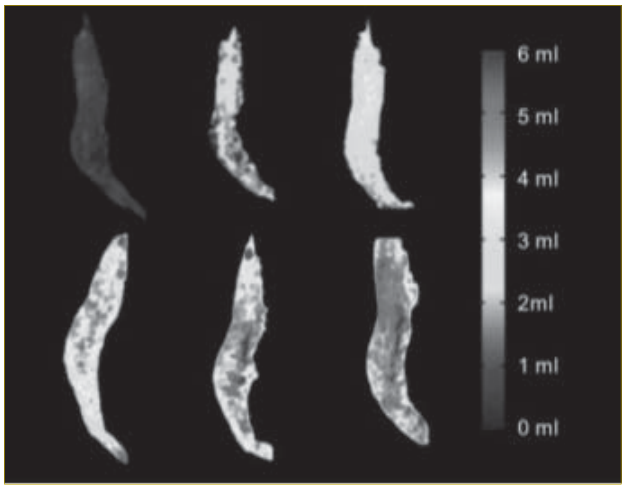

Fig 3. Hyperspectral imaging기법을 활용한 새우의 젤라틴 함유 여부[15]

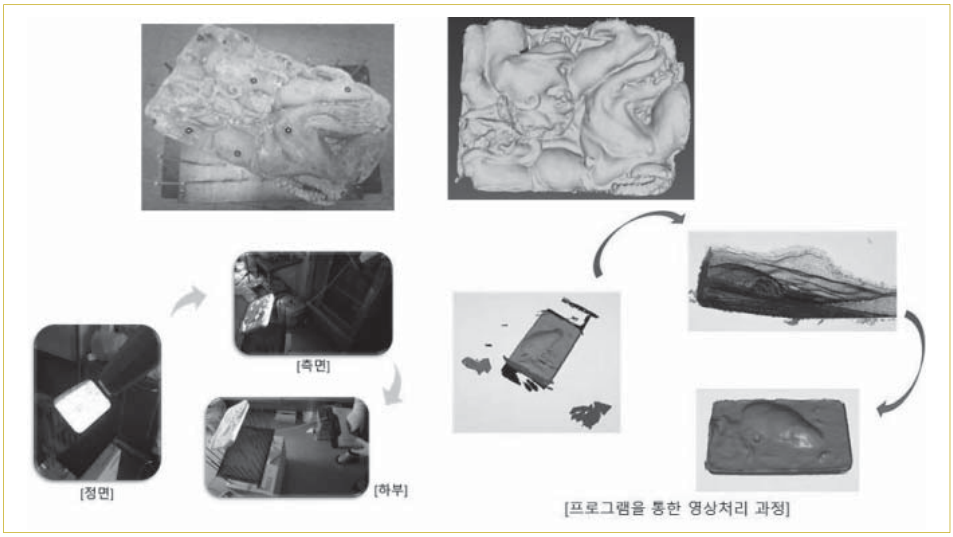

Fig 4. 3D 스캐닝 시스템을 활용한 낙지 block의 밀도 측정기법

결론

현재까지 완벽하게 인위적 증량수산물을 검증하는 과학적이고 객관적인 방법은 보고되고 있지 않다. 첨가되는 이물의 종류에 따라 다른 판별법이 필요하며 특히 물로만 증량 시에는 관능적 특징의 변화와 물리적인 특징 변화를 동시에 활용해야 한다. 많은 분석법의 경우 통제된 상태인 모델시스템에서는 유의적이고 재현성 있는 연구결과를 보여 주지만 실제 생물을 활용하는 경우에는 많은 요인들에 의해 의미있는 과학적 결과를 제공하는 데 한계가 있다. 특히 계절별, 성장 단계별, 어종별 생물 간의 다양성과 차이는 하나의 측정 기법의 신뢰성이 높지 않게 하는 주요 요인들이다. 특히 개별적으로 판정 기법

이 아닌 수입 되는 형태인 block 형태 자체를 판별하는 기법의 개발은 아직 더 연구가 필요한 분야이다.

참고 문헌

1. Kappel, K., and Schroder, U. Substitution of high-priced fish with low-priced species: Adulteration of common sole in German restaurants. *Food Control*. 59, 478-486 (2016).

2. Carvalho, D. C., Palhares, R. M., Drummond, M. G., and Frigo, T. B. DNA barcoding identification of commercialized seafood in south Brazil: a governmental regulatory forensic program. *Food Control*, 50(0), 784-788 (2015).

3. Pappalardo, A. M., and Ferrito, V. DNA barcoding species identification unveils mislabeling of processed flatfish products in southern Italy markets. *Fisheries Research*, 164, 153-158 (2015).

4. Abbas, O., Zadravec, M., Baeten, V., Mikuš, T., Lešić, T., Vulić, A., Prpić, J., Jemeršić, L., and Pleadin, J. Analytical methods used for the authentication of food of animal origin. *Food Chemistry*, 246, 6-17 (2018).

5. Trocino, A., Xiccato, G., Majolini, D., Tazzoli, M., Bertotto, D., and Pascoli, F. Assessing the quality of organic and conventionally-farmed European sea bass (Dicentrarchus labrax). *Food Chemistry*, 131, 427-433 (2012).

6. 식품의약품안전처, 위해정보 공개, 검사부적합 현황, 2015

7. 수입수산물 검사에 관한 규정. 국가법령정보센터. 행정규칙. http://www.law.go.kr/admRulLsInfoP.do?admRulSeq=2100000090291, Accessed 2008.03.05

8. 최달웅. 수산물 등 인산염 분석법 확립연구. 용역연구개발과제 최종보고서보고서. 2014.

9. Lohumi, S., Lee, S., Lee, H., and Cho B-K. A review of vibrational spectroscopic techniques for the detection of food authenticity and adulteration. *Trends in Food Science and Technology*, 46, 85-98 (2015).

10. Marquardt, B. J., and Wold, J. P. Raman analysis of fish: a potential method for rapid quality screening. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*, 37, 1-8 (2004).

11. Bázár, G., Romvári, R., Szabó, A., Somogyi, T., Éles, V., and Tsenkova, R. NIR detection of honey adulteration reveals differences in water spectral pattern. *Food Chemistry*, 194, 873-880 (2016).

12. Lee, S., Lee, J. S., Yang, S., Kim, Y., and Kim, K.B. Development of nondestructive detection method for artificial water-injected octopus minor in cold storage. The Korean Society for Agricultural Machinery Proceedings 182-183 (2015).

13. Kamruzzaman, M., Makino, Y., and Oshita, S. Non-invasive analytical technology for the detection of contamination, adulteration, and authenticity of meat, poultry, and fish: A review. *Analytica Chimica Acta* 853, 19 - 29 (2015).

14. Wu, D., Shi H., He, Y., Yu, X., and Bao, Y. Potential of hyperspectral imaging and multivariate analysis for rapid and non-invasive detection of gelatin adulteration in prawn. *Journal of Food Engineering*, 119, 680-686 (2013).

15. Shafiur, M. D., Rahman, H., and Driscoll, R.H. Density of fresh and frozen seafood. *Journal of Food Process Engineering*, 17, 121-140 (1994).