

## 근적외선분광분석을 통한 육가공제품의 지방, 단백질, 수분, 식염의 정량분석 및 활용

이동훈 · 서준호 · 나강인 · 홍성돈 · 이광근<sup>1\*</sup>  
국방기술품질원, <sup>1</sup>동국대학교 식품생명공학과

### Quantitative Analysis of Fat, Protein, Moisture, and Salt in Meat Products by Near Infra-Red

Donghun Lee, Junho Seo, Gangin Nah, Seongdon Hong, and Kwang-Geun Lee<sup>1\*</sup>

*Defence Agency for Technology and Quality*

<sup>1</sup>*Department of Food Science and Biotechnology, Dongguk University*

#### Abstract

Near Infra-red (NIR) analytical method was applied to quantify fat, moisture, protein, and salt in meat products. To ensure an accurate analysis, the NIR analysis method was compared with Korean food standard codex method. Correlation coefficients were 0.961-0.997, and the ratio of standard error of prediction (SEP) with standard error of laboratory (SEL) were 1.01-1.32. Z-score and Q score were -0.02-0.95 and -0.27-0.15, respectively. A control chart was conducted for three meat products. Each control chart data consisted of fat, moisture, protein, and salt, and it was produced by NIR analysis. The control chart of meat products was used for quality control.

**Key words:** NIR analysis, Quality control, Meat products

#### 서 론

근적외선(Near Infra-Red, NIR)을 이용한 식품의 분석은 1960년대 미국 농무성의 Karl Norris에 의하여, 농산물에서의 일반성분을 정량분석 한 것으로부터 시작되었으며 (Noh et al., 2004), 1970년대에는 미국 농무성(USDA) 및 캐나다 곡물위원회가 곡물 중 수분 및 단백질의 공정분석을 위한 방법으로 적용되었다(Lee et al., 1997). 근적외선 분광분석은 시료의 손상 없이 회수가 가능한 비파괴검사로써 전처리과정이 불필요하다(Song et al., 2014). 또한 여러 성분을 동시에 분석 할 수 있는 장점이 있는데(Noh et al., 2004), 이는 지질, 수분, 단백질 등이 반응하는 기능이 고유파장에 따라 다르기 때문이다(Lee et al., 1997).

이러한 장점으로 인하여 근적외선분광분석은 다양한 분야에서 활용되고 있으며, 단백질, 지방 등 일반성분분석(Song et al., 2014) 외에도 식육의 지방 품질 평가와 유전적 형질 분석(Gjerlaug-Enger et al., 2011a), 녹두의 지방산 함량

(Lee et al., 2010), 우유의 체세포수 측정(Kim et al., 2008), 참기름의 진위 판정(Noh et al., 2004), 식품의 원산지 판별(Choi et al., 2012) 등에 사용되고 있다. 특히 식육과 육가공제품에서의 근적외선분광을 이용한 일반성분분석은 AOAC (Association of Official Analytical Chemists), AQIS (Australian Quarantine and Inspection Service) 등에서 공인시험법으로 활용되고 있으며, 관련된 다양한 연구가 발표되고 있다(Anderson, 2007; Gjerlaug-Enger et al., 2011b).

이처럼 국외에서는 근적외선분광분석을 이용한 식육과 육가공제품의 일반성분 분석이 보편화 되어있지만, 국내의 『축산물의 가공기준 및 규격』(이하 축산물공전) 및 『식품의 기준 및 규격』(이하 식품공전)에서는 이를 반영하고 있지 않으며, 단백질 정량을 위한 Kjeldahl법, 조지방 분석을 위한 Soxhlet법 등의 일반시험법을 제시하고 있다.

이러한 각 성분별 일반시험방법은 상대적으로 근적외선 분광분석보다 분석시간이 오래 걸리며, 전처리를 위한 숙련된 시험자와 많은 분석비용을 필요로 한다(Song et al., 2014). 따라서 축산물공전과 식품공전의 일반시험법을 통한 일반성분 분석 값을 즉각적인 품질관리 등에 활용하기에는 한계가 있다.

본 연구에서는 근적외선분광분석을 이용하여 지방, 단백질, 수분, 식염의 정량분석을 시행하고, 이에 대한 데이터

\*Corresponding author: Kwang-Geun Lee, Department of Food Science and Biotechnology, Dongguk University-Seoul, Pil-dong, Jung-gu, Seoul 100-715, Korea  
Tel: +82-2-2260-3370, Fax: +82-2-2285-3370  
E-mail: kwglee@dongguk.edu  
Received January 16, 2015; revised April 9, 2015; accepted April 23, 2015

유효성을 검증하였다. 또한, 이를 토대로 약 1년간 생산되는 육가공제품의 일반성분 데이터베이스를 구축하여 품질 관리를 위한 기초자료로 활용하였다.

### 재료 및 방법

#### 재료

본 연구에서 사용된 시료는 국방기술품질원에서 품질보증을 수행하는 군납업체에서 1년간 생산된 비엔나소시지, 볼로냐소시지, 햄, 프랑크푸르트 소시지 4종이 사용되었다. 시료 균질화는 Homogenizer 2094 (Foss, Hoganas, Sweden)를 사용하였으며, 근적외선분광분석은 Foodscan™ (Foss)와 ISIScan Ver. 2.1.1 (Foss)으로 수행되었다.

#### 육가공제품의 균질화

육가공제품의 균질화는 AOAC official method 983.13 (AOAC, 2012)로 수행되었다. 이를 위해 먼저 시료의 케이싱을 제거한 후, 0.9 kg 이하 시료를 이용하여 사전 균질화를 시행하였다. 이후, 이를 모두 제거한 뒤 시료를 넣고 3회 짧고 빠르게 분쇄한 후 이를 45~50초간 1725 rpm의 속도로 균질화하였다. 분쇄용기 벽면에 붙은 시료는 다시 모아 준 후 15초간 추가 균질화를 실시하였다.

#### 육가공제품의 근적외선을 이용한 일반성분 분석

근적외선을 이용한 일반성분분석은 AOAC official method 2007.04 (AOAC, 2012)로 수행되었다. 균질화된 시료 약 180 g을 140(지름) × 17.7 mm(높이)의 시료컵에 공기층이 생기지 않도록 최고 높이와 평행하게 눌러 담고, 이를 Foodscan 시료컵 홀더에 고정시켜 850~1050 nm의 근적외선 범위에서 지방, 단백질, 수분, 식염 분석을 수행하였다.

#### 데이터유효성 검증

근적외선분광분석법의 데이터유효성을 검증하기 위하여 시료 11쌍을 NIR 분석과 식품의약품안전처에서 지정한 식품위생검사기관에 분석 의뢰하여 결과를 비교하였다. 식품위생검사기관에서는 축산물공전과 식품공전의 일반시험법으로 지방, 단백질, 수분, 식염(MFDS, 2015)을 분석하였으며, 시험법의 유효성을 검증하기 위해 축산물(식품)공전 시험법의 결과와 NIR분석 결과의 상관관계수 및 Standard Error of Prediction (SEP), Standard Error of Laboratory (SEL), Standard Error of NIR Calibration (SEC), Horwitz Ratio (Horrat), Z-score, Q score가 수행되었다.

SEP과 SEL, SEC은 Mika et al.의 방법(2003)을 사용하였으며, 이는 다음 식에 의하여 계산되었다.

$$SEP = (\sum(L_i - M_i)^2/N)^{1/2}$$

$L_i$ : Chemical analysis value of the  $i$  th sample

$M_i$ : Predicted value of the  $i$  th sample obtained from the calibration

$N$ : Number of sample set

$$SEL = (\sum(L_1 - L_2)/N)^{1/2}$$

$L_1$  and  $L_2$ : Blind duplicate measurements

$N$ : Number of sample

$$SEC = (\sum(L_i - M_i)^2/(N - 1 - p))^{1/2}$$

$L_i$ : Chemical analysis value of the  $i$  th sample

$M_i$ : Predicted value of the  $i$  th sample obtained from the calibration (NIR analysis value)

$N$ : Number of sample set

$p$ : number of terms in the model

Z-score는 Nordval의 방법(2010)을 사용하였으며, 이는 다음 식에 의하여 계산되었다.

$$Z\text{-score} = \frac{X_{\text{found}} - X_{\text{certified}}}{(X_{\text{certified}}/100) \times 2(X_{\text{certified}} \times C)^{-0.1505}}$$

$X_{\text{found}}$  : The assign value, the estimate of the “true”

$X_{\text{certified}}$  : The reported value of analyte

Q score는 Fapas (2014)의 방법을 사용하였으며, 이는 다음 식에 의하여 계산되었다.

$$Q\text{ score} = (X - X_a)/X_a$$

$X$ : Results reported by laboratory

$X_a$ : Best estimate of the ‘true’ value (or assigned value)

Horrat은 AOAC (2012)의 방법을 사용하였으며, 이는 다음 식에 의하여 계산되었다.

$$\text{Horrat} = \text{RSD}_R (\%) / \text{PRSD}_R (\%)$$

$\text{RSD}_R$  : Reproducibility relative standard deviation

$\text{PRSD}_R$ : Predicted reproducibility relative standard deviation

#### 관리도의 작성

약 1년간 생산된 육가공제품 3종(비엔나소시지, 햄, 볼로냐소시지)에 대한 지방, 단백질, 수분, 식염의 데이터를 가지고, Minitab 14(Minitab Inc., PA, U.S.A)의 I-MR chart를 이용하여 관리도를 작성하였다.

### 결과 및 고찰

#### 일반시험법과 근적외선분광분석법의 비교

11쌍의 시료에 대한 축산물(식품)공전 시험법과 근적외선분광분석 분석결과에 대한 상관관계는 Table 1과 같다.

**Table 1. Correlation of chemical analysis values with NIR prediction values**

	Linearity	R <sup>2</sup>	Bias (%)	SEP	SEL	SEC
Fat	$y = 0.972x + 0.194$	0.997	0.1	0.17	0.14	0.19
Protein	$y = 1.153x - 599$	0.995	-0.1	0.51	0.48	0.57
Moisture	$y = 0.868x + 2.648$	0.969	-0.5	0.32	0.24	0.36
Salt	$y = 1.305x - 0.266$	0.961	-0.1	0.14	0.14	0.16

\* SEP: Standard Error of Prediction

SEL: Standard Error of Laboratory

SEC: Standard Error of NIR Calibration

**Table 2. Mean and Standard deviation (SD), Coefficient Variation (CV) of chemical analysis values and NIR prediction values**

		Chemical analysis values			NIR prediction values			Z-score	Q score
		Mean (%)	SD	CV (%)	Mean (%)	SD	CV (%)		
Ham	Fat	10.47	0.35	3.36	10.55	0.05	0.52	0.03	0.01
	Protein	16.30	0.15	3.39	16.84	0.08	0.10	0.01	0.01
	Moisture	65.70	0.25	0.94	65.25	0.07	0.46	0.08	0.03
	Salt	1.40	0.06	4.12	1.73	0.02	1.18	-	0.15
Bologna Sausage	Fat	7.90	0.10	1.27	8.54	0.02	0.23	0.35	0.07
	Protein	17.37	0.12	0.18	16.54	0.04	0.07	-0.02	-0.02
	Moisture	64.73	0.15	0.88	64.94	0.01	0.07	0.14	0.06
	Salt	1.17	0.06	4.95	1.97	0.03	1.92	-	-0.24
Vienna Sausage	Fat	6.83	0.15	2.24	7.18	0.02	0.28	0.26	0.05
	Protein	16.93	0.06	0.09	16.80	0.01	0.01	0.01	0.02
	Moisture	64.8	0.35	2.07	65.87	0.04	0.22	-0.02	-0.01
	Salt	0.93	0.06	6.19	0.95	0.06	5.97	0.95	0.03
Frankfurt Sausage	Fat	21.55	0.79	3.67	19.93	0.06	0.30	-0.10	-0.06
	Protein	14.99	0.93	1.66	13.71	0.002	0.004	0.00	0.00
	Moisture	56.28	0.63	4.17	56.44	0.05	0.34	-0.01	-0.01
	Salt	1.42	0.04	2.83	1.26	0.01	0.77	-	-0.27

화학적 분석법(축산물(식품)공전)과 NIR 분석법의 상관계수는 0.961~0.997이었으며, 편차는 -0.5~0.1의 범위였다. SEP의 범위는 0.14~0.51, SEL의 범위는 0.14~0.48 SEC의 범위는 0.16~0.57이었다. AOAC에서는 상관계수 0.96 이상, SEP과 SEL의 비율이 1.0에서 1.5 사이의 범위 내에 수렴하는 것을 요구하고 있다(AOAC, 2012). 하지만, SEP과 SEL의 비율이 1.0에서 2.0의 사이의 범위까지 수렴하더라도 NIR 분석법의 calibration에는 성공한 것으로 볼 수 있다(Mika et al., 2003).

각 시험법과 시료군에 대한 평균과 표준편차, 상대표준편차는 Table 2와 같다. 축산물(식품)공전 일반시험법(Chemical analysis values)과 근적외선분광분석법(NIR prediction values)의 일반성분 분석결과에서 평균 값의 편차는 -0.80~1.62% 수준이었으며, CV (Coefficient Variation, %)의 차이는 0.11~3.83%이었다. 또한, 근적외선분광분석법이 일반시험법보다 표준편차와 상대표준편차가 더 작은 것으로 나타났다. 이는 거의 모든 경우 근적외선분광분석법이 공인시험법보다 반복성(Repeatability)이 뛰어나다는 지

난 연구결과와 일치하는 것이다(Mika et al., 2003).

한편, 축산물 공전의 총칙 30항에서는 축산물공전의 시험법보다 더 정밀하다 인정될 경우에는 다른 시험법을 활용할 수 있으며, 식품공전 총칙 1항 29절에서는 공전에서 기준규격이 정하여지지 않았을 경우 AOAC 시험방법을 사용할 수 있음을 명시하고 있다(MFDS, 2015). 또한, 『의약품 등 시험방법 밸리데이션 가이드라인』에 의하면 정량 시험에 따른 정밀성은 반복성(병행정밀성, Repeatability)과 실험실내 정밀성(Intermediate precision)을 평가하도록 되어 있다.

축산물(식품)공정 일반시험법의 결과를 설정 값으로 하여 Z-score를 구한 결과, 그 범위는 -0.02~0.95로 진도(Trueeness)가 만족스러운 것으로 평가되었다. Z-score는 일반적으로 표준인증물질(CRM, certified reference materials) 등을 이용하여 구하게 되나, 표준시험법을 통해 구한 값을 설정 값으로 사용할 수 있으며(Nordval, 2010), 국내의 경우 reference 시험기관이 측정 한 값을 사용할 수 있다. 이때, reference 시험기관은 시험목적에 충분히 신뢰할 수 있는

표준 값을 제공할 수 있는 기관으로, 특정기관 등에서 인정한 곳을 지칭한다(Chang et al., 2011).

Q score의 범위는 -0.27~0.15로 평가 되었다. 이때, Q score는 시험결과 값에 대한 평균의 편차를 비교하기 위하여 사용되는데, 계산 과정 중 표준편차가 반영되지 않기 때문에 Z-score를 구할 수 없는 경우 사용되거나, Z-score와 함께 사용된다(Chemo, 2000). 때문에 Z-score와 달리 진도에 대한 평가가 아닌 시험 결과 값의 편차 비교로 활용된다(Fapas, 2014). 단백질, 지방, 수분의 경우 Q score는 -0.01~0.07 수준이었으며, 식염의 경우 -0.27~0.15 수준으로 결과 값에 대한 편차가 상대적으로 큰 것으로 나타났다.

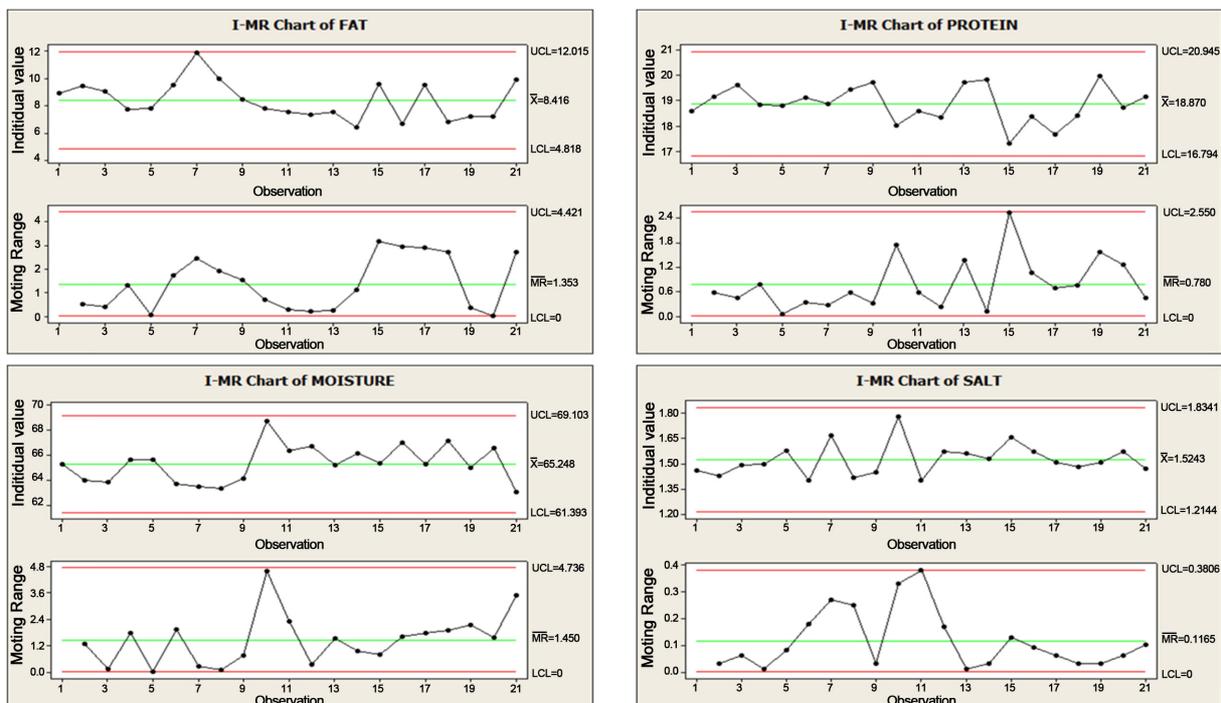
Horwitz ratio (Horrat)은 아래 Table 3과 같다. 이는 동일 시료에 대해 식품의약품안전처가 지정한 식품위생전문기관 5곳에서 축산물(식품)공전 법으로 분석된 결과와 NIR 분석 값의 대표값(Assigned value)로 구해졌다. 대표 값을 설정하기 위해 각 시험기관의 2반복 시험 평균값에 대한 90% 신뢰도의 Q test가 시행되었으며, Q값이 신뢰구간을 넘어

가는 경우 모두 제외하였다. Horrat value는 시험실간 collaborative study를 위해 정밀도를 보는 방법으로 0.5~2.0 범위의 값을 collaborative study가 가능한 수준으로 판단한다. 이는 같은 시험법 및 시험기기로 동일시료를 분석하였을 때만 사용이 가능하다(Arlene, 2012). 본 연구에서는 5개 기관의 화학적 분석 값에 대한 Assigned Value로 Horrat을 평가하였을 때, NIR Prediction value와 함께 평가한 Horrat value와 거의 차이가 없었다. 이는 NIR 분석법이 화학적 분석에 기반한 바탕 데이터를 사용하기 때문이라고 예상된다. 식염항목의 경우 많은 결과 값이 Q test의 신뢰구간 이탈로 제외되었다. 이는 분석시료의 식염농도가 약 1% 수준으로 다른 일반성분 분석 값과 비교하여 작은 편차임에도 상대적으로 큰 Q 값이 도출되었기 때문이다. 이는 또한 재현상대표준편차(Reproducibility relative standard deviation)를 크게 하는 요인으로 작용하여 상대적으로 작은 편차에 비해 높은 Horrat value을 가지게 하였다. 따라서 본 연구에서는 근적외선분광분석을 통한 일반

**Table 3. Assigned values of chemical analysis and NIR prediction value for Vienna sausage**

Lab	Assigned values of chemical analysis					NIR prediction value	Horrat
	A	B	C	D	E		
Fat	10.1	10.2	10.1	9.5	-	9.7	1.85
Protein	16.2	15.9	-	-	16.5	16.0	1.19
Moisture	63.7	63.7	64.2	64.5	63.9	63.9	1.16
Salt	-	1.2	-	1.1	1.1	-	1.61

\*Laboratory of A, B, C, D and E are assigned Korea Food Testing Laboratory from Ministry of Food and Drug Safety.



**Fig. 1. Control chart (I-MR) of Bologna Sausage.**

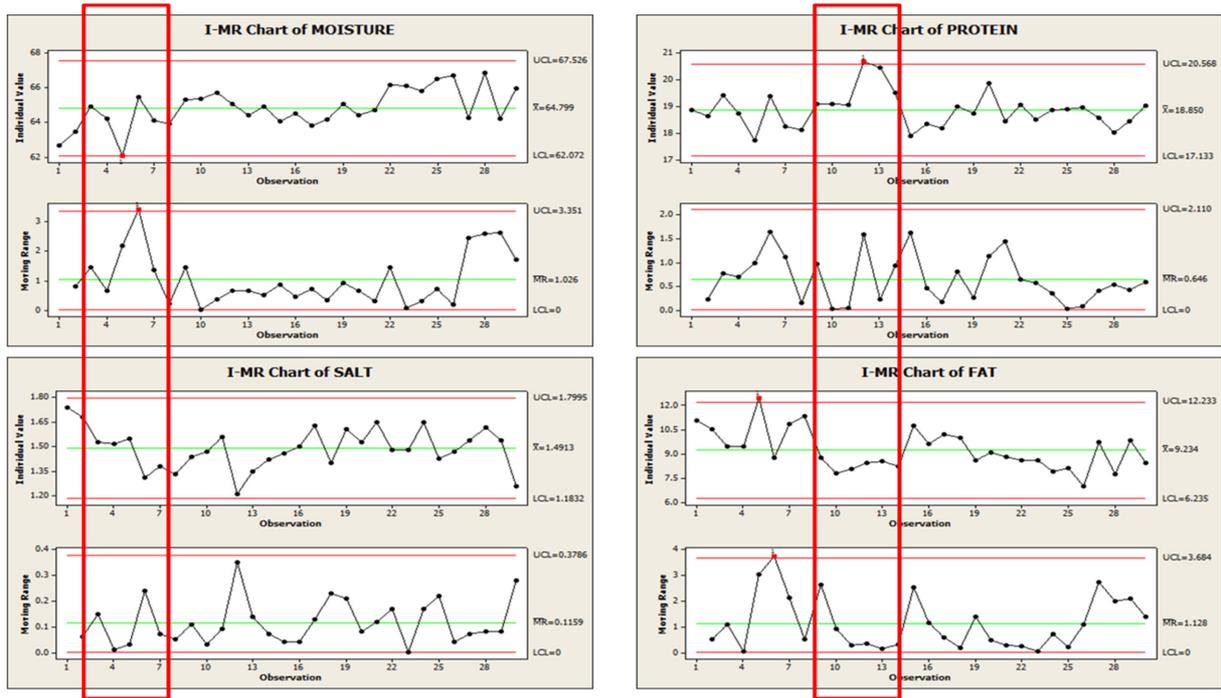


Fig. 2. Control chart (I-MR) of Vienna Sausage.

Table 4. Mean and Upper Control Limit (UCL), Lower Control Limit (LCL) of Vienna Sausage Control chart

	Mean (%)	UCL	LCL	±20% Range of mean
Individual Value				
Fat	9.23	12.23	6.24	±1.85
Protein	18.85	20.26	17.13	±3.77
Moisture	64.78	67.5	62.07	±12.96
Salt	1.49	1.80	1.18	±0.283

성분(지방, 단백질, 수분) 분석법의 산업상 사용 가능성을 확인하였다.

NIR을 이용한 일반성분 분석의 활용

본 연구에서는 NIR분석을 통하여 약 1년간 생산된 육가공제품 3종(볼로나소시지, 비엔나소시지, 햄)에 대하여 관리도를 작성하고, 이를 품질관리에 적용하였다. 각각의 관리도의 관리상한선과 하한선은  $\pm 3\sigma$  수준에서 작성되었다. 관리도를 벗어난 경우 기준에 만들어 오던 제품과 차이가 있다고 해석하였으며, 이에 대한 원인을 파악하고 개선방법을 모색하였다. Fig. 1은 볼로나소시지에 대한 관리도로 관리범위를 이탈한 제품이 없어 일반성분에 대한 품질수준이 일정한 것으로 판단되었다.

Fig. 2는 비엔나소시지에 대한 관리도로 지방과 단백질, 수분항목에서 관리도를 이탈한 것을 볼 수 있다. 이에 대한 관리 상한선과 하한선은 Table 4와 같다. 관리 범위를 벗어난 제품의 지방함량은 12.48%였으며, 수분 함량은 각

각 17.73, 62.04%였다. 이는 지방과 수분, 단백질의 평균함량 보다 각각 3.25, -2.74%의 차이를 보였다. 정량분석의 편차인정 기준은 일반적으로 정량분석에서 평균값의  $\pm 20\%$  정도이며, 식약처 『축산물의 표시기준』(식품의약품안전처 제2014-107, 2014.3.26.) 별표 1의 축산물의 세부표시기준(MFDS, 2014)과 『식품의 표시기준』(식품의약품안전처 제2013-254, 2013.2.26.) 별표 2의 식품 등의 세부표시기준(MFDS, 2015)에는 지방류, 나트륨의 경우 표시량의 120% 미만 일 경우 편차를 허용하고 있다. 또한 단백질과 무기질의 경우 80% 이상이어야 할 것을 명시하고 있다. 따라서 지방에 대한 관리범위 이탈 제품은 기존의 제품과 다른 품질수준을 가지고 있음을 예상할 수 있었으며, 이에 대한 사용자 불만 검토 결과 상기 제품에 드립이 발생한 것을 알 수 있었다. 이를 해결하기 위해 포장형태를 함기포장에서 진공포장으로 개선하였다. 또한 단백질의 함량이 관리상한선을 초과한 제품도 발생하였는데 이 제품의 단백질 함량은 20.64%로 평균 값과는 1.79%의 편차를 보였다. 이는 평균 값의  $\pm 20\%$  범위 내에 속하는 것으로 큰 문제가 없는 것으로 판단하였다.

Fig. 3은 햄에 대한 관리도로 Fig. 2와는 반대로 지방은 관리하한선 미만으로, 수분은 관리상한선 초과로 관리범위를 이탈하였다. 이에 대한 관리 상한선과 하한선은 Table 5와 같다. 관리범위를 벗어난 제품의 지방 및 수분 함량은 각각 6.45, 69.70%였으며, 이는 평균보다 -3.54, 4.04%의 편차를 보였다. 특히, 지방의 경우 평균 값의  $\pm 20\%$  범위 내에 속하지 않았으며, 이는 원료육의 변화에 의한 차이로

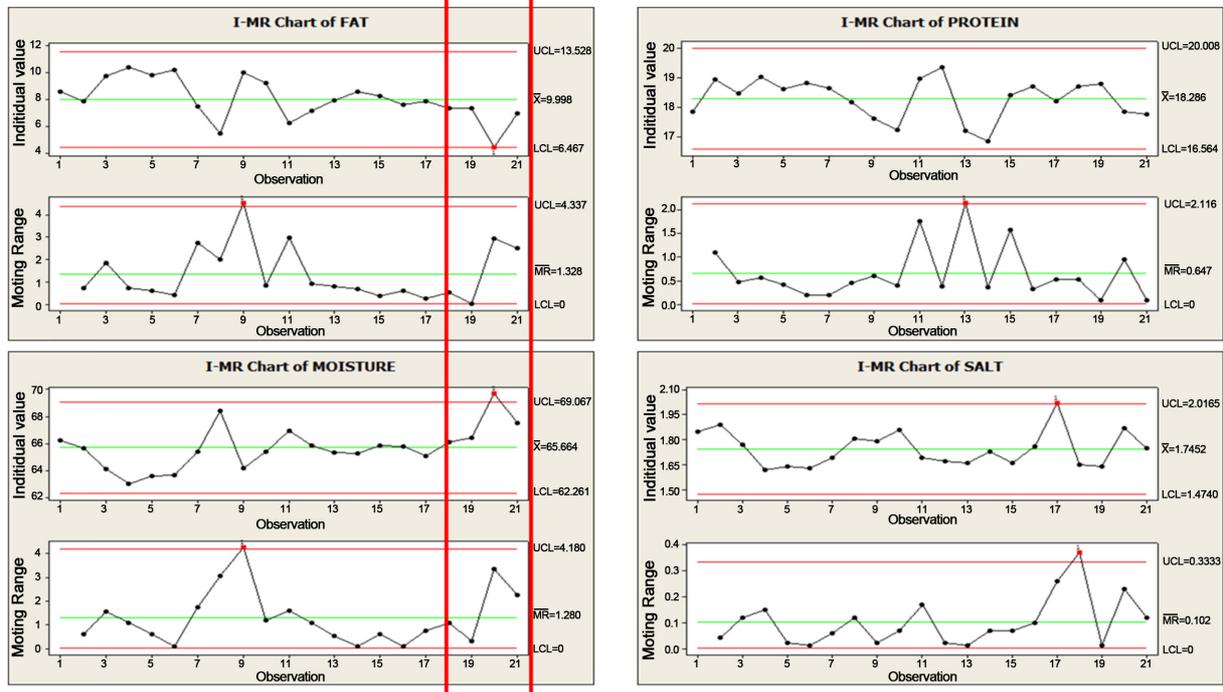


Fig. 3. Control chart (I-MR) of Ham.

Table 5. Mean and Upper Control Limit (UCL), Lower Control Limit (LCL) of Ham Control chart

	Mean (%)	UCL	LCL	±20% Range of mean	
Individual Value	Fat	10.00	13.53	6.47	±1.29
	Protein	18.29	20.01	16.56	±3.31
	Moisture	65.66	69.07	62.26	±12.45
	Salt	1.75	2.02	1.47	±0.29

추정되었다. 프랑크푸르트 소시지 제조시 원료육을 지육에서 상대적으로 지방함량이 많은 정육으로 변경하였을 때, 최대 10%의 지방함량 증가와 수분함량 저하가 관찰되었다. 이는 NIR 분석 등을 통해 원료육의 즉각적인 일반성분함량 확인으로 생산 공정중 개선이 가능할 것으로 판단되었다.

### 결론

본 연구에서는 근적외선분광분석법으로 육가공제품 4종에 대해 지방, 단백질, 수분, 식염의 정량분석을 시행하였다. 분석결과에 대한 데이터유효성을 확인하기 위하여 상관관계수 및 Standard Error of Prediction (SEP), Standard Error of Laboratory (SEL), Standard Error of NIR Calibration (SEC), Horwitz Ratio (Horrat), Z-score, Q score를 확인하였다. 상관관계수는 4항목 모두 0.96 이상이었으며, SEP과 SEL, SEC의 경우 각각 0.14~0.51, 0.14~0.48, 0.16~0.57이었다. SEP과 SEL의 비율은 모두 1.0에서 1.5 사이의 범위

내에 수렴하였다. Z-score는 모두 절대값으로 2 미만이었으며, Q score는 -0.27~0.15 수준이었다. Horrat은 식품의약품안전처(식약처)가 지정한 식품위생전문기관 5곳의 데이터에 Q test를 시행한 Assigned value를 이용하였으며, 1.16-1.85 수준이었다.

한편, 근적외선분광분석법을 활용하여 일반성분의 관리도를 작성하고 이에 대한 품질관리를 시행하였다. 관리도는 블로나소시지, 비엔나소시지, 햄에 대해 시행되었으며, 관리범위를 벗어난 제품에 대한 조사를 통하여 제품개선을 진행하였고, 공정관리 방법을 제시하였다.

본 연구의 근적외선분광분석을 이용한 육가공제품의 지방, 단백질 및 수분에 대한 적량분석은 AOAC 및 식품의약품안전처의 기준을 만족하였다. 따라서, 근적외선분광분석법은 빠르고 간편하게 일반성분 분석을 시행하여 그 결과를 공정 및 품질관리 등에 활용할 수 있는 분석법으로 산업상 활용 가능성을 확인할 수 있었다.

### Acknowledgment

This research was supported from Defence agency for Technology and Quality in 2014.

### References

Anderson S. 2007. Determination of fat, moisture, and protein in meat and meat products by using the FOSS Foodscan™ near-

- infrared spectrophotometer with FOSS artificial neural network calibration model and associated database: collaborative study. *J. AOAC Int.* 90: 1073-1083.
- AOAC. 2012. Official methods of analysis of AOAC international 19<sup>th</sup> edition (No. 983.13, No2007.04), Alrlington, VA, USA.
- Arelene F. 2012. Report to participants in the AOAC<sup>®</sup> laboratory proficiency testing program. Meat chemistry program. Proficiency testing provider certifird number 1782.01, AOAC, Gaithersburg, MD, USA.
- Chang HR, Lee JY, Lee YJ, Kang HR, Kim CS, Kim K. 2011. Quality control system for analytical chemistry laboratory of pesticide products. *Korean J. Pesticide Sci.* 15: 529-544
- Choi JY, Bang KH, Han KY, Noh BS. 2012. Discrimination analysis of the geographical origin foods. *Korean J. Food Sci. Technol.* 44: 503-525.
- Fapas. 2014. Protocol for proficiency testing schemes version 4. Available from: [http://fapas.com/pdfpub/FeraPTSprotocol\\_pt1\\_common.pdf](http://fapas.com/pdfpub/FeraPTSprotocol_pt1_common.pdf). Accessed Apr. 21, 2015.
- Gjerlaug-Enger E, Aass L, Ødegaard J, Kongsro J, Vangen O. 2011a. Prediction of fat quality in pig carcasses by near-infrared spectroscopy. *Animal.* 5: 1829-1841.
- Gjerlaug-Enger E, Aass L, Ødegaard J, Kongsro J, Vangen O. 2011b. Genetic parameters of fat quality in pigs measured by near-infrared spectroscopy. *Animal.* 5: 1495-1505.
- Hund E, Massart DL, Smeyers-Verbeke J. 2000. Inter-laboratory studies in analytical chemistry. *Anal. Chim. Acta* 423: 145-165.
- Kim KS, Noh HW, Lim SD, Chou Ch, Kim YJ. 2008. Development of rapid somatic cell counting method by using dye adding NIR spectroscopy. *Korean J. Food Sci. Ani. Resour.* 28: 63-68.
- Kim YB, Lee M. 1997. Utilization on the Near-Infrared(NIR) for the chemical composition analysis of raw meat. *Korean J. Anim. Sci.* 39: 77-92.
- Lee YY, Kim JB, Lee SY, Kim MH, Lee JW, Lee HS, Ko HC, Hyen DY, Gwang JG, Kim CK, Lee YB. 2010. Determination of seed gatty acids using Near-Infrared reflectance spectroscopy (NIR) in mung bean(*Vigna radiata*) germplasm. *Korean J. Food Nutr.* 23: 582-587.
- MFDS. 2014. Animal products Labeling Standard. Available form: <http://www.mfds.go.kr/index.do?searchkey=title:contents&mid=1013&searchword=???&division=&pageNo=1&seq=7859&cmd=v>. Accessed Apr. 21, 2015.
- MFDS. 2015. Animal products Standards Codex. Available form: <http://www.mfds.go.kr/index.do?searchkey=title:contents&mid=1013&searchword=?? ?&division=&pageNo=1&seq=9501&cmd=v>. Accessed Apr. 21, 2015
- MFDS. 2015. Foods Labeling Standard. Available form: <http://www.mfds.go.kr/index.do?mid=687&pageNo=1&seq=9544&cmd=v>. Accessed Apr. 21, 2015.
- MFDS. 2015. Korean Food Standards Codex. Available form: <http://www.mfds.go.kr/index.do?searchkey=title:contents&mid=1013&searchword=?? ?&division=&pageNo=1&seq=8861&cmd=v>. Accessed Apr. 21, 2015.
- Mika V, Pozdišek J, Tillmann P, Nerušil P, Buchgraber K, Gruber L. 2003. Development of NIR calibration valid for two different grass sample collections. *Czech J. Anim. Sci.* 48: 419-424.
- Noh M, Jeong JI, Min SS, Park YS, Kim SJ. 2004. A study on the determination of adulteration of sesame oil by near infrared spectroscopy. *Korean J. Food Sci. Technol.* 36: 527-530.
- NordVal. 2010. Guide in validation of alternative proprietary chemical methods. NordVal protocol No. 2. Available form: [http://www.aoac.org/imis15\\_prod/AOAC\\_Docs/ISPAM/3.9Nord-Valprotocolproprietarychemicalanalysis.pdf](http://www.aoac.org/imis15_prod/AOAC_Docs/ISPAM/3.9Nord-Valprotocolproprietarychemicalanalysis.pdf). Accessed Apr. 21, 2015.
- Song LS, Kim YH, Ahn KG, Hwang YS, Kang IK, Yoon SW, Lee J, Shin KY, Lee WY, Cho YS, Choung MG. 2014. Quantitative analysis of carbohydrate, protein, and oil contents of Korean food using Near-Infrared reflectance spectroscopy. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 43: 425-430.