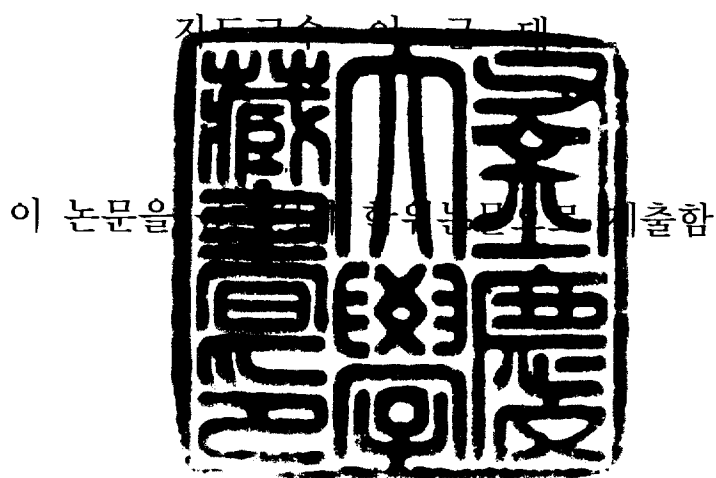


공학석사 학위논문

근적외선 분광분석법을 이용한 명태
연육의 일반성분 및 첨가물의
분석에 관한 연구



2002년 2월

부경대학교 산업대학원

식품산업공학과

최 미 정

이 논문을 최미정의 공학석사 학위논문으로 인준함

2001년 12월

주 심 공학박사 전 병 수



위 원 농학박사 김 선 봉



위 원 공학박사 이 근 태



목 차

Abstract	1
서 론	5
재료 및 방법	9
1. 실험재료	9
가. 명태 연육	9
나. 단백질 및 지방 분석용 연육	9
다. 첨가물 분석용 연육	9
2. 실험방법	10
가. 일반성분의 측정	10
나. 첨가물의 분석	10
1) 연육중의 전분함량 측정	10
2) 연육중의 sorbitol 함량 측정	11
다. 명태연육의 근적외선 분광분석	11
라. 통계처리	12
결과 및 고찰	14
1. 명태 연육의 일반성분과 근적외선 스펙트럼 측정조건	14
2. 근적외선 분광분석법에 의한 연육내 단백질 및 지질의 분석	20
2-1. 단백질의 분석	23
2-2. 지질의 분석	30

3. 근적외선 분광분석법에 의한 연육내 첨가물의 분석	36
3-1. 전분의 분석	36
3-2. Sorbitol의 분석	47
결론 및 요약	57
감사의 말씀	59
참 고 문 헌	60

Utilization of Near Infrared Spectroscopy to Analysis of General Component and Additives in *Alaska pollack* Surimi

Mi-Jeong CHOI

*Department of Food Industrial Engineering, Graduate
School of Industrial, Pukyong National University*

Abstract

Near infrared spectroscopy(NIR), the most recent being interested by many researcher of food and drug as a new available method of instrumental analysis is a representative method of non-destructive and highly reproducible analysis. In this study, in order to analyze protein, lipid, starch and sorbitol contents of *Alaska pollack* surimi a chain of experiment was carried out by near infrared spectroscopy and the possibility of near infrared spectroscopy in fields of fisheries food and industry was investigated. The results were summarized as follows.

Protein contents of lyophilized *Alaska pollack* surimi as grade were respectively 17.8%(FA), 17.7%(A), 16.9%(A) and lipid contents were

1.3%(FA) 1.7(A) 1.7%(RA). In near infrared spectra of *Alaska pollack* surimi the signals of absorbance from protein, lipid, starch and sorbitol were not identified due to the intense and wide signal of O-H functional groups from water in *Alaska pollack* surimi. Thereupon the process of decreasing water content of *Alaska pollack* surimi was needed for obtaining signals of protein, lipid, starch and sorbitol from near infrared spectra of *Alaska pollack* surimi.

In analysis of protein in *Alaska pollack* surimi by near infrared spectroscopy, NIR spectra of lyophilized *Alaska pollack* surimi were measured with fourier transform near infrared spectrometer(FT-NIR) and the signals of absorbance from N-H functional groups included in protein were found at 1510nm, 2050nm, 2170nm and 2180nm and these signals were risen as increased protein contents of *Alaska pollack* surimi. Near infrared spectra from 70 of different protein contents samples for regression and 20 of samples for verification were collected. Then 70 of near infrared spectra for regression and 70 of protein contents of *Alaska pollack* surimi with Kjeldahl's method were statistical processed by principal component regression(PCR). In 4 of principal component(PC) multiple relationship constant(R) was 0.9998, standard error of equation(SEE) was 0.426 and standard error of prediction(SEP) was 0.450. In case of PC 10 R was 0.9990, SEE was 0.296 and SEP was 0.3267

respectively. Protein contents of 20 unknown *Alaska pollack* surimi were quantified by equation of regression from PCR and the range of errors in protein contents were 0.0029-0.4741.

In analysis of lipid in *Alaska pollack* surimi by NIR, near infrared spectra of lyophilized *Alaska pollack* surimi were scanned and the signals of absorbance from C-H functional groups included in lipid were identified at 1730nm, 1740nm and 2300nm and these signals were risen as increasing lipid contents of *Alaska pollack* surimi as samely protein. NIR spectra from 70 of different lipid contents samples for regression and 20 of samples for verification were collected. Then 70 of NIR spectra and 70 of lipid contents of *Alaska pollack* surimi with Soxhlet distilling method were statistical processed by PCR. In PC 4 multiple relationship constant(R), standard error of equation(SEE) and standard error of prediction(SEP) were respectively 0.9995, 0.3405, 0.3645. In case of PC 7 the values of statistics were 0.9996 as R, 0.3191 as SEE and 0.3538 as SEP. And lipid contents of 20 unknown *Alaska pollack* surimi were quantified by equation of regression from PCR and the range of errors in lipid contents were 0.0233-0.4384.

Analyses of additive contents of *Alaska pollack* surimi on starch used in enforcing structure of kamaboko and sorbitol used in inhibiting protein denature of frozen surimi were also carried out using NIR. In starch analysis using NIR the signals of starch distinctly changed at wavelength

of 1450nm and 1950nm and collected values of R, SEE and SEP through statistical regression of 70 NIR spectra and starch contents were 0.9859, 0.3040 and 0.3184 respectively and the range of errors were 0.0186-0.6470 in starch contents. In case of sorbitol R, SEE and SEP were respectively 0.9972, 0.1604, 0.1736(PC 10).

서 론

식품은 인간의 생명과 밀접한 관련을 가지고 있으므로 이를 다루는 모든 과정에서 적정 품질유지는 최우선 과제이며 이를 위해 많은 과학적 방법들이 동원되고 있다. 특히 수산식품은 원료의 특성상 변질되기 쉬운 까닭에 어획 후 저장 또는 가공 및 유통과정에서의 품질관리가 철저히 이행되어야 한다. 이러한 품질관리에 있어서 가장 기본적으로 행해지는 것이 품질검사이며 여기에는 구성성분의 함량을 정확히 측정하는 것이 무엇보다 우선한다고 할 수 있다.

수산식품의 품질검사를 위한 기존의 분석법들은 대부분 각종 무기 및 유기 시약을 이용한 화학적 분석에 의존하고 있다. 이와 같은 화학적 분석 방법들은 시료의 전처리부터 최종 결과를 도출하기까지 상당한 시간이 소요되며, 숙련된 분석자가 아닐 경우 분석과정에 항상 위험성을 내포하고 있으며 결과의 재현성도 낮은 단점들을 지니고 있다. 그러므로 식품의 품질검사를 위해서는 숙련된 분석자가 필요하고 시간의 소요 및 이에 따른 경비의 소요를 감수해야 하는 경제적 부담이 항상 내재되어 있다고 할 수 있다. 이와 같은 문제점들을 해결하고자 많은 연구자들이 새로운 분석기술들을 개발하여 왔고 특히 기기를 이용한 식품성분들의 분석방법이 개발되면서 식품의 품질검사 분야에 많은 발전이 있었음은 주지의 사실이다.

최근 식품성분의 분석을 위한 각종 기기 분석 방법들 중에서 근적외선을 이

용한 분석방법이 소개되기 시작하면서 식품은 물론이고 의약품의 특정성분 정성 및 정량분석, 식품원료의 원산지 판별, 시료 중에 함유된 여러 가지 성분의 정량 등에 이용하기 위한 시도가 활발히 전개되고 있다.

근적외선을 이용한 식품분석 방법은 식품의 비파괴 평가법의 일종이며 식품의 비파괴 평가법에 대하여 Dull(1978)은 “식품의 품질 측정이 끝난 후에도 대상을 식용으로 제공할 수 있는 평가법”이라고 정의하고 있다. 식품의 비파괴 분석법은 시료의 외부로부터 가해지는 에너지와 방출되는 에너지의 차이를 이용하여 시료의 이화학적 특성에 관계되는 정보를 얻는 방법으로 사용되는 에너지의 종류에 따라 광학적인 방법, 방사선적 방법, 역학적 방법 및 전자기학적 방법 등이 있다.

전자기학적 방법중의 하나인 근적외선(Near-Infrared) 분광분석법은 식품의 구성성분을 분석하는 비파괴 측정법 중에서 가장 발전된 방법이라 할 수 있다. 이 방법은 식품 구성성분들의 분자구조 내에 가지고 있는 O-H(수분, 당질), N-H 또는 S-H(단백질), C-H(지질) 등의 관능기가 나타내는 신축진동과 일치하는 파장($0.8\mu\text{m} \sim 2.5\mu\text{m}$, 근적외선 영역)의 전자기복사선 흡수를 스펙트럼으로 나타내는 측정방법으로서 대상을 파괴하지 않고 측정하는 비파괴 측정법이며, 다성분을 동시에 분석할 수 있는 장점도 가지고 있다(Lanza, 1983).

1960년초 Norris와 Ben-Gera에 의해 개발되어 주로 북미 지역에서 곡류의 성분검사에 이용되고 있는 근적외선 반사분광분석, 즉 Near Infrared Reflectance Spectroscopy(NIR)는 비교적 정확한 간편법으로서 그 조작이 간단하여 이용율이 증가하는 추세에 있다. 근적외선 분광분석법의 원리로 이용

되는 각 관능기들의 진동 에너지는 중적외선 영역에 비해 10배정도 약하므로 신호를 감지하기 어려운 단점이 있지만 이것은 오히려 식품시료를 회석하지 않고 전처리없이 고농도 상태인 자연상태로 측정할 수 있다는 간편성을 지니고 있어 신속한 결과 도출의 장점이 더 크게 부각되고 있다.

이러한 근적외선(NIR)을 이용한 분석법은 육제품의 수분, 단백질, 지방 등의 분석에 많이 이용되어지고 있는데 이것은 각 성분의 관능기가 근적외선 영역에서 각기 다른 흡수 파장대를 나타내기 때문이다. 이를 이용하여 수산식품의 구성성분 분석시 짧은 시간내에 다성분의 분석에 이용되어 질 수 있을 것으로 보이며, NIR을 이용한 성분분석에는 수분 정도의 측정시간 만으로도 충분하므로 기존의 화학분석법에 비해 매우 신속하게 결과를 얻을 수 있을 것으로 생각된다. 또한 근적외선 분광분석법의 재현성에 대하여 등유(Kerosine)를 30분 간격으로 총 20회 측정한 스펙트럼의 파장별 흡광도 평균, 표준편차, 상대표준편차를 계산한 결과 20개 스펙트럼이 거의 일치하는 결과를 나타내었다는 보고도 있다. 이와 같이 근적외선 분광분석법은 반복 및 재현성이 매우 우수하고 안정적이므로 특정 모델계에 대한 예비측정을 거쳐 검량식이 만들어지면 장기간 사용이 가능하다.

수산식품의 가공시 원료어의 구성성분은 최종제품의 품질에 매우 큰 영향을 미치게 된다. 그러므로 어획직후부터 가공직전까지 원료어의 성분변화를 검사하는 작업은 지속적으로 행해져야 하며 이를 위해서는 매우 신속한 분석방법이 확립되어야 할 것이다. 그러나 기존의 화학적 분석법으로는 이를 충족시키지 못하며 대부분 경험적 결과를 이용하여 현장에 적용하고 있는 실정이다.

게다가 화학적 분석법의 사용시 모든 시료를 대상으로 한 검사가 불가능하므로 표본검사에 의존할 수 밖에 없는 반면에 근적외선 분광분석법을 이용한 검사는 시료를 파괴하지 않는 비파괴 분석법이므로 현장에서 직접 전체 시료를 대상으로 검사가 가능하다는 장점을 지니고 있다.

근적외선 분광분석법을 이용한 식품성분의 분석에 관한 연구는 현재까지 주로 농축산물에 대하여 제한적으로 이루어져 왔으며 수산식품 분야에서는 아직 보고된 결과가 없는 실정이다. 따라서 수산식품의 품질관리를 위한 새로운 분석기법으로서 근적외선 분광분석법은 대단히 효과적인 결과를 도출할 수 있는 과제라 사료되며, 이에 대한 연구가 시급히 진행되어야 할 것으로 판단되어 본 연구에서는 우선 수산가공식품 중에서 가장 널리 이용되고 있는 동결연육을 대상으로 연육중의 단백질, 지질 및 첨가물 함량의 정량을 위한 근적외선 분광분석법의 이용에 대하여 검토 조사하였다.

재료 및 방법

1. 실험재료

가. 명태 연육

본 실험에 사용한 FA, A, RA 등급의 냉동 명태 연육은 부산광역시 초량동에 소재하는 (주)해인교역으로부터 구입한 미국산 명태 연육을 사용하였다. 각 시료는 1kg 단위의 block으로 절단하여 polyethylene bag에 담아 -20°C 의 냉동고에 동결 저장하면서 실험에 사용하였다.

나. 단백질 및 지방 분석용 연육

연육의 일반성분 측정을 위해서는 FA, A, RA 등급의 냉동명태연육을 동결 건조기(SFDSM12, Samwon Freezing Engineering Co.)로 건조한 후 실험에 사용하였으며, 시료의 단백질 및 지방 함량을 변화시키기 위하여 난백 및 대두유의 첨가량을 달리한 시료를 제조하여 일반성분 실험 및 근적외선 분광분석 시료로 사용하였다.

다. 첨가물 분석용 연육

첨가물의 정량실험을 위해 FA, A, RA 등급의 냉동명태연육에 전분(5~10g starch/100g sample) 및 sorbitol(4~10g sorbitol/100g sample)의 첨가량을 각각 다르게 첨가한 후 다시 고기같이 한 다음 동결건조하여 첨가물 분석용 시

료로 사용하였다.

2. 실험방법

가. 일반성분의 측정

AOAC(1990)에 수록된 방법에 따라 수분은 상압가열건조법으로 조단백질은 Semi-micro Kjeldahl법으로 측정하였다. 그리고 조지방은 Soxhlet법을 이용한 용매추출법으로 측정하였다.

나. 첨가물의 분석

1) 연육중의 전분함량 측정

전분함량의 측정을 위해서는 전분을 구성하는 amylose와 amylopectin의 함량을 측정함으로써 전분의 함량을 구하였다. 먼저 amylose 함량의 측정을 위하여 시료 10~15g을 취한 후 95% ethanol 10ml로 분산시킨 다음 1N NaOH 용액 90ml를 가하여 끓는 물에서 10분간 증탕하여 완전히 호화시켰다. 호화용액 중의 불용성 물질을 제거하기 위해 여과시키고 상온에서 방냉한 후 100ml 플라스크에 옮겨 증류수를 가하고 잘 섞어주었다. 시료용액을 5ml 취하여 1000ml 플라스크에 넣고 1N acetic acid 1ml와 요오드 용액(0.2g iodine 과 2g potassium iodine를 100ml 증류수로 녹인 용액) 2ml를 가한 후 증류수를 가하여 잘 섞어준 다음 20분간 방치하였다. 요오드와 반응한 시료용액의 흡광도는 620nm에서 측정한 다음 amylose의 검량곡선(Juliano, 1971)을 이용하여 정량하였다.

한편 amylopectin의 정량을 위해서는 시료 10~15g을 취하여 dimethyl sulfoxide(DMSO) 10ml를 넣고 증류수 90ml를 넣어 분산시킨 것을 시료용액으로 하였다. 별도로 초산완충용액(pH4.8, 50ml)에 β -amylase 60units/ml를 가하여 준비한 용액 10ml와 시료용액 10ml를 혼합하여 37℃ 항온수조에서 14시간 가수분해시켰다. 가수분해 후 끓는 물에 넣어 반응을 중지시키고 전당량과 환원당량을 정량하여 β -amylolysis limit(%)를 계산하였다. Amylose와 amylopectin의 end group analysis는 periodate 산화법으로 측정하였다.

2) 연육중의 sorbitol 함량 측정

시료를 TFA(Trifluoroacetic acid), HCL, H₂SO₄ 등으로 가수분해한 후 그 용액 0.2ml를 시험관에 넣고 myoinositol과 0.26M NaBH₄/1M ammonium 용액을 각각 0.1ml씩 가하여 1시간 동안 실온에서 환원시켰다. 이후 과잉의 NaBH₄에 acetic acid를 가하여 분해시킨 후 기체 N₂를 주입하여 건조하였다. 다시 methanol을 가하여 교반후 기체 N₂로 건조하는 조작을 2회 반복하여 잔류 boric acid를 제거한다. 잔사에 초산무수물과 pyridine을 0.2ml씩 첨가하여 120℃에서 20분간 아세틸화시킨후 N₂ gas로 휘발시키고 dichloromethane 1ml를 가한 후 증류수로 2회 세척하고 dichloromethane 층만 회수하여 -20℃에 저장하면서 gas chromatography로 분석하였다(AOAC, 1990).

다. 명태연육의 근적외선 분광분석

연육의 일반성분 및 첨가물을 근적외선 분광분석법으로 분석하기 위해 전체

리한 시료를 분쇄한 후 분석용 시료관에 담아 푸리에변환 근적외선 분광분석기 (Spectrum GX, Perkin Elmer, USA)를 사용하여 분석하였으며(Table 1), 성분 함량이 다른 각 시료의 spectrum은 1100~2400nm 영역에서 absorbance mode로 측정하였다.

라. 통계처리

근적외선 분광분석으로 얻어진 스펙트럼의 결과와 기존의 일반성분 및 첨가물 분석 방법으로 얻어진 결과들과의 통계적 분석은 near infrared spectral analysis software(QUANT C+, Perkin Elmer, USA)를 사용하여 Principal Component Regression(PCR)법으로 행하였다. 통계처리를 위한 측정 시료수는 검량식 작성용 시료 70개, 검증용 시료 20개를 각각 제조하여 분석하였다.

Table 1. Conditions of instrument for near infrared spectra of
Alaska pollack surimi

Instrument	Spectrum GX FT-NIR, PerkinElmer, USA
Source	Tungsten halogen lamp
Beam splitter	Quartz beam splitter
Detector	Lead sulfide detector in integrating sphere
Scan spectral range	1100 – 2400 nm
Resolution	16 cm ⁻¹
Number of scans	32
Scan mode	Absorbance

결과 및 고찰

1. 명태 연육의 일반성분과 근적외선 스펙트럼 측정조건

연육의 등급에 따른 일반성분 함량의 차이를 알아보기 위해 기존의 분석방법으로 측정한 결과 수분, 조단백질, 조지방 및 조회분 함량은 Table 2와 같다. 수분 함량은 연육의 등급을 결정하는 중요한 기준으로 상위등급일수록 수분 함량이 낮고 상대적으로 단백질 함량이 높다. 본 실험에 사용한 명태 연육의 경우 각 등급의 수분 함량은 각각 73.8%(FA), 73.9%(A), 74.0%(RA)로 등급간 차이가 나타나지 않았다. 조단백질 함량은 FA가 17.8%, A가 17.7%, RA가 16.9%로 FA 등급과 RA 등급간에는 1% 정도의 차이가 있었다.

명태연육의 근적외선 스펙트럼 측정조건을 설정하고자 예비 측정한 연육의 근적외선 스펙트럼은 Fig.1에 나타내었다. 그림에서 위쪽의 스펙트럼은 동결건조 전 명태연육의 근적외선 스펙트럼으로서 1450nm 대역과 1950nm 대역에서 큰 흡광신호가 있음을 확인할 수 있었다. 이 신호들은 O-H기에 의하여 나타나는 대표적인 신호이며 식품의 경우 주로 수분에 의하여 나타나는 신호이다. 그러나 단백질이나 지질로부터 유래된 신호는 확인하기가 어려웠다. 이는 본 실험에 사용한 연육의 경우 수분함량이 높아 매우 크고 넓은 O-H기 신호를 나타낸 반면 수분에 비해 상대적으로 함량이 낮은 단백질이나 지질의 N-H기 및 C-H기 신호는 넓은 O-H기 신호에 묻혀지는 효과가 나타났기 때문이라 생각된다.

Table 2. General component contents of *Alaska pollack* surimi

	Grade		
	FA	A	RA
Moisture (%)	73.8	73.9	74.0
Crude Protein(%)	17.8	17.7	16.9
Crude Lipid(%)	0.01	0.01	0.01
Crude Ash(%)	0.62	0.71	0.88

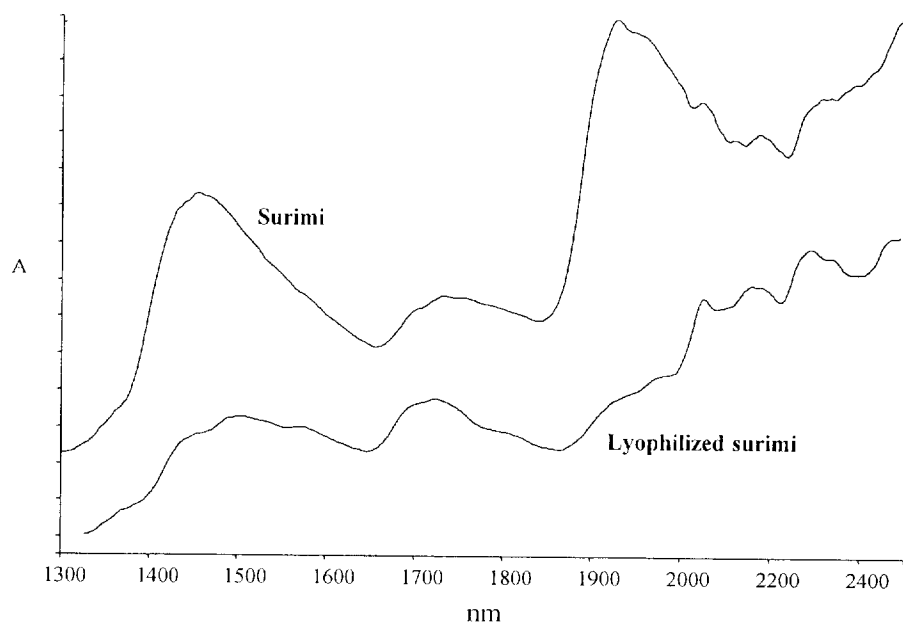


Fig. 1. Near infrared spectra of *Alaska pollack* surimi and lyophilized surimi.

명태연육의 근적외선 스펙트럼 측정에 미치는 수분의 영향을 좀더 자세히 알아보기 위해 Fig.1의 스펙트럼을 2차 미분하여 Fig.2에 나타내었다. 동결건조한 연육과 동결건조하지 않은 연육의 2차 미분 스펙트럼을 비교해 보면 1450nm와 1950nm에서 수분에 의한 신호가 동결건조하지 않은 연육에서 매우 크게 나타남을 알 수 있었다. 이로 인하여 다른 신호들은 상대적으로 매우 낮게 나타나게 되어 단백질이나 지질과 같은 성분의 분석에 많은 영향을 끼치게 될 것으로 판단되었다. Gjerde와 Martens(1987)은 어류조직의 성분분석을 실시한 결과 가장 큰 영향을 주는 방해물질은 수분이었다고 보고한 바 있다.

Fig.1의 아래쪽 스펙트럼은 동결건조한 연육의 스펙트럼이다. 그림에서 알 수 있듯이 동결건조를 하지 않은 스펙트럼에 비해 1450nm 대역과 1950nm 대역에서의 신호가 크게 감소되었고, 이로 인하여 동결건조하지 않은 연육의 스펙트럼에서는 구별하기 어려웠던 신호들이 나타나는 양상을 보여 단백질이나 지질의 분석이 가능할 것으로 판단되었다. 따라서 근적외선 분광분석법을 이용한 식품의 일반성분 분석을 위해서는 수분의 흡수신호 영향을 줄이고 단백질이나 지질의 신호가 관측될 수 있도록 측정전 어느 정도의 수분을 제거하는 것이 필요하다고 할 수 있다. 특히 수분함량이 높은 수산물의 경우는 이점에 유의하여야 할 것으로 여겨진다.

본 연구에서도 명태연육의 일반성분 분석을 위하여 수분함량을 낮추는 과정이 필요하였으며, 이를 위하여 동결건조기로 건조한 후 측정한 각 등급별 명태연육의 단백질 및 지질 함량은 Table 3과 같다. 동결건조한 명태연육의 단백질 함량과 지질 함량에서 단백질 함량은 FA가 62.7%, A가 60.6%, RA가

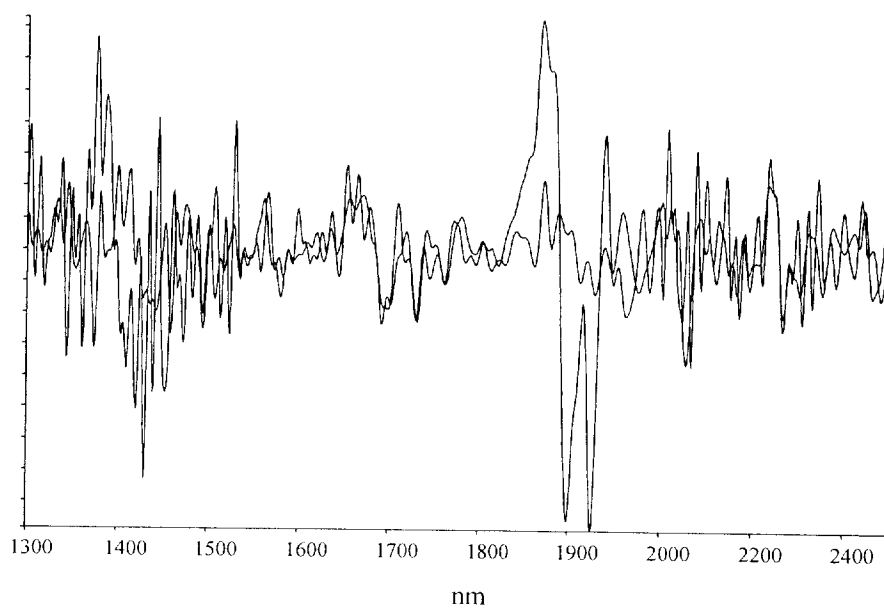


Fig. 2. Second derivative near infrared spectra of *Alaska pollack* surimi and lyophilized surimi.

Table 3. Protein and lipid contents of lyophilized *Alaska pollack* surimi

	Grade		
	FA	A	RA
Protein(%)	62.7	60.6	62.5
Lipid(%)	1.3	1.7	1.7

62.5%로 나타났으며, 지질 함량은 FA가 1.3%, A가 1.7%, RA가 1.7%로 각각 나타났다.

동결건조한 등급별 명태연육의 근적외선 스펙트럼은 Fig.3에 나타내었다. 그림에서 등급에 따른 스펙트럼의 차이는 뚜렷하지 않았는데 이는 기존의 이화학적 분석방법으로 측정한 단백질과 지질 함량의 등급별 차이가 없었던 결과 (Table 3)와 잘 일치하는 것이라 생각된다. 이것은 근적외선 분광분석법에 의한 성분함량의 비교를 측정하기 위해서는 그 차이가 어느 수준 이상이 되어야 함을 간접적으로 보여주는 결과라 여겨진다.

2. 근적외선 분광분석법에 의한 연육내 단백질 및 지질의 분석

연육내 단백질 및 지질의 분석을 위하여 근적외선 분광분석법으로 측정한 동결건조 연육의 근적외선 스펙트럼(Fig.4)에서 1510nm, 2060nm, 2170nm, 대역과 1740nm, 2290nm 대역에서 특정 신호가 확인되었다. 이들 1510nm, 2060nm, 2170nm 대역의 신호는 N-H기에 의한 신호로 이는 단백질 분자에 존재하는 N-H기에 의한 신호라 여겨지며, 1740nm, 2290nm 대역의 신호는 C-H기에 의하여 나타나는 신호로 지질과 관련된 신호로 보여진다. Robertson 등(1989)은 식품의 근적외선 스펙트럼에서 1200nm, 1510nm, 2050nm, 2180nm 대역에서 전형적인 단백질 신호가 나타나며, 1700nm, 2300nm 대역에서 지질에 의한 신호가 확인된다고 하였다.

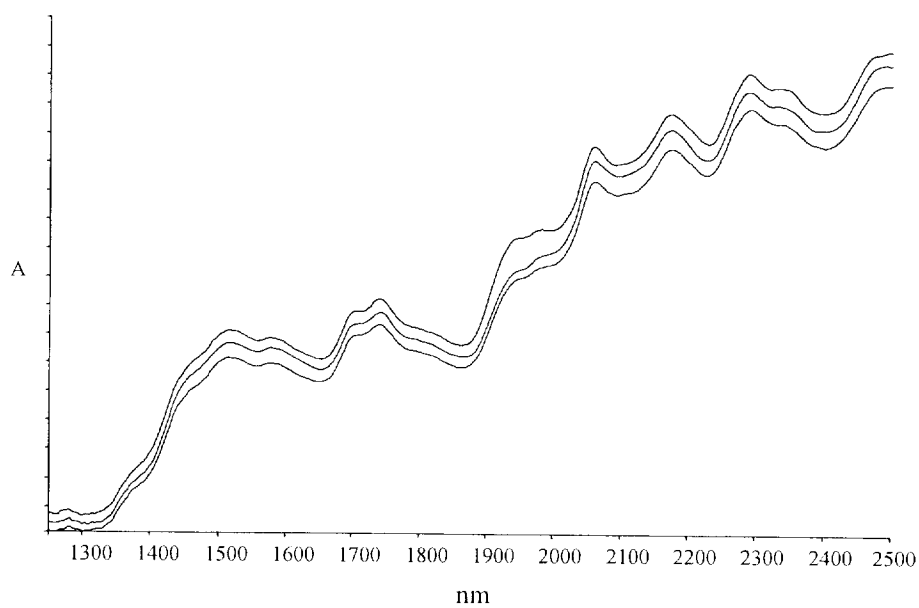


Fig. 3. Near infrared spectra of lyophilized *Alaska pollack* surimi as grade.

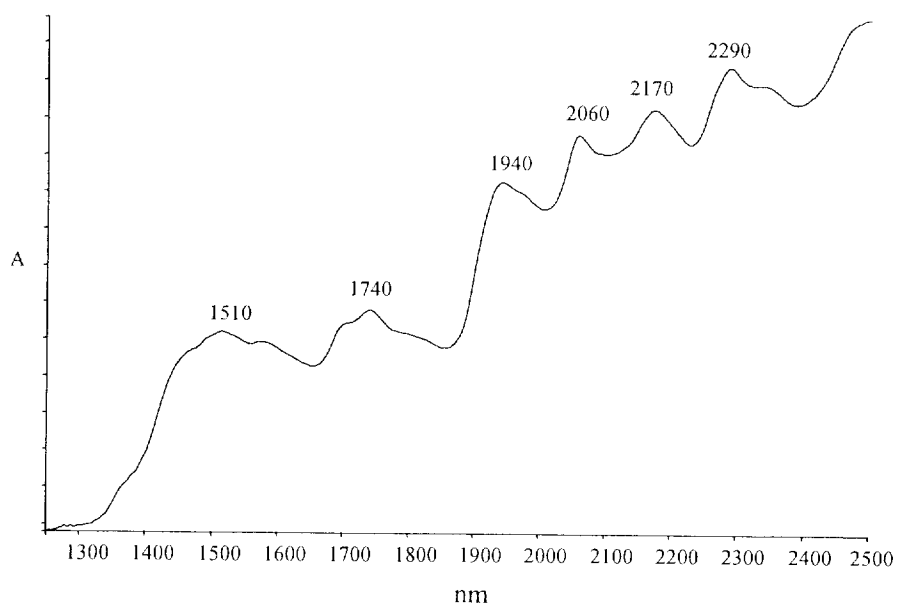


Fig. 4. Near infrared spectra of lyophilized *Alaska pollack* surimi.

2-1. 단백질의 분석

단백질 함량을 근적외선 분광분석법으로 정량하기 위하여 Table 4와 같이 연육의 단백질 함량을 조절한 후 이들 시료의 근적외선 스펙트럼을 측정한 결과는 Fig.5에 나타내었다. 결과에 나타난 바와 같이 다른 대역에 비해 1510nm, 2050nm, 2180nm 대역에서 스펙트럼의 변화를 확인할 수 있었는데 단백질 함량이 증가할수록 흡광도도 함께 증가하는 경향을 나타내었다. 이들 신호 대역은 앞에서도 언급하였듯이 N-H 또는 고차 amide에 의한 신호가 나타나는 대역이다. Kamishikiryo 등(1992)은 2170nm 부근에서 단백질 농도가 증가함에 따라 흡광도가 증가하는 양상이 나타난다고 보고한 바 있다.

Fig.5에 나타난 연육의 단백질 함량 변화에 따른 근적외선 스펙트럼 변화를 좀 더 뚜렷하게 나타내기 위하여 스펙트럼을 2차 미분한 결과는 Fig.6과 같다. 2차 미분 스펙트럼의 2050nm에 나타난 단백질 신호가 연육의 단백질 함량의 증가와 함께 증가하고 있음이 명확하게 구분되었다. 이와 같은 근적외선 스펙트럼의 미분은 특정 신호의 흡수치 변화를 강조하게 되는데 이는 변화폭이 적은 스펙트럼 간의 차이를 증폭시키는 효과가 있어 분석에 많은 도움을 주지만 잡음이 많은 스펙트럼에 미분법을 사용할 경우 잡음도 함께 증폭시켜 신호의 정량에 나쁜 영향을 주기 때문에 이런 경우에는 사용하지 않는 것이 좋다고 알려져 있다.

연육내 단백질의 함량 증가에 따라 흡광도도 함께 증가하는 사실을 이용하여 단백질의 정량이 가능할 것으로 판단되었으며, 단백질 정량을 위하여 함량이 다른 검량식 작성용 시료 70개와 검증용 시료 20개의 근적외선 스펙트럼을 측

Table 4. Protein contents of *Alaska pollack* surimi for measuring near infrared spectrum

Protein (%)	Sample name						
	W-15 ¹⁾	W-10 ²⁾	W-5 ³⁾	M-3 ⁴⁾	M-5 ⁵⁾	M-7 ⁶⁾	A ⁷⁾
	78.40	75.19	70.76	40.53	35.74	30.23	60.64

¹⁾²⁾³⁾ 15g, 10g, 5g of egg white added *Alaska pollack* surimi for changing protein contents

⁴⁾⁵⁾⁶⁾ 3g, 5g, 7g of skim milk added *Alaska pollack* surimi for changing protein contents

⁷⁾ Grade of frozen *Alaska pollack* surimi

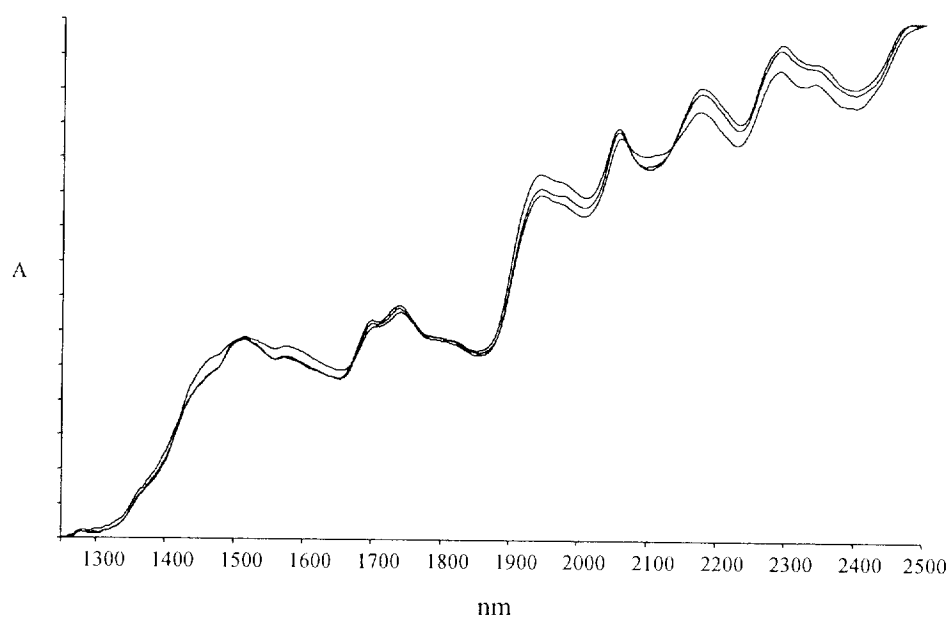


Fig. 5. Changes in near infrared spectra of lyophilized *Alaska pollack* surimi as protein contents of 30.23-78.40%.

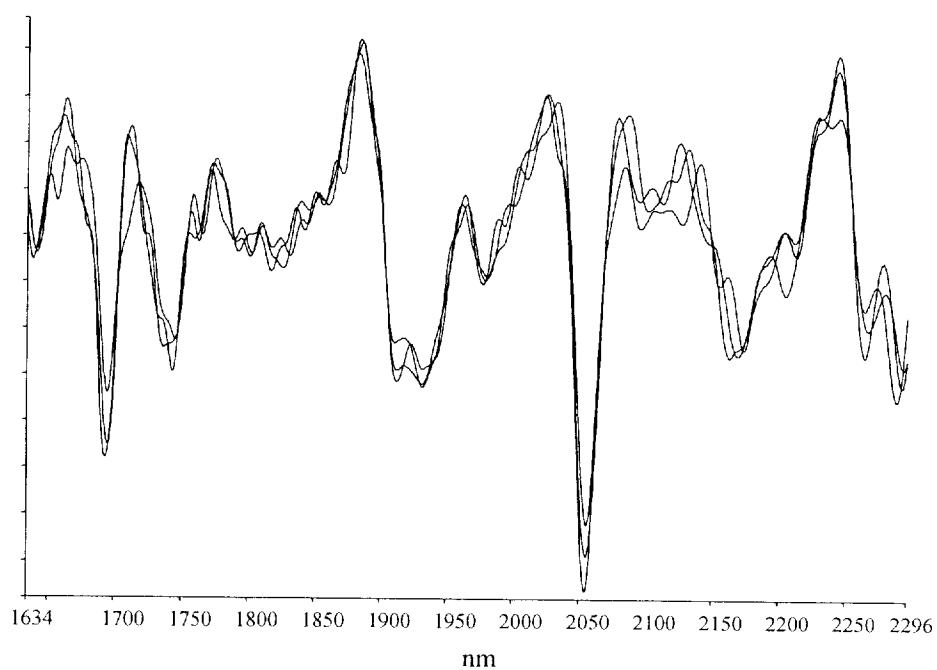


Fig. 6. Changes in second derivative near infrared spectra of *Alaska pollack* surimi as protein contents of 30.23-78.40%.

정한 후 통계처리하였다. 근적외선 분광분석에서의 흡수는 결합대와 배음대로 나타나기 때문에 떠나비가 증가되어 흡수대끼리 심하게 중첩되는 현상이 나타난다. 따라서 기존의 흡수대 면적이나 흡광도를 이용하는 단순한 회귀분석으로는 단순한 화학 조성일 경우를 제외하고는 검량이 불가능하다. 따라서 검량을 위해서는 다변량 회귀분석법을 사용하여야 한다.

본 실험에서는 통계처리를 위하여 Principal Component Regression(PCR)법을 사용하였다. PCR법은 원래의 스펙트럼을 그대로 사용하여 통계처리 하는 것이 아니라 스펙트럼을 어떤 기준 스펙트럼과 Scaling Factor로 재설정하여 검량하는 방법이다. 이는 Principal Component(PC)를 통해 처리하는 방법으로써 PC는 스펙트럼내에서 영향을 주는 인자들의 크기를 말하며 첫 번째 PC가 스펙트럼 결과내 가장 큰 변화를 설명하고, 두 번째 PC는 그 다음 중요한 변화를 설명하게 된다. PCR의 장점은 원래의 스펙트럼을 사용할 경우 독립변수가 무수히 많지만 몇 개의 PC만을 이용하여 전체적인 변화를 설명할 수 있으며 PC 선택에 따라서 데이터의 검량 결과에 영향을 미치기도 한다.

PCR을 이용하여 근적외선 스펙트럼으로 연육중의 단백질 정량을 위한 검량식을 작성한 결과는 Fig.7과 Fig.8에 나타내었다. 먼저 PC를 4로 설정하여 통계처리한 결과(Fig.7) 다중상관계수 R 이 0.9998로 매우 높은 상관성을 보였으며, 이때의 검량식 표준오차(SEE)는 0.426, 표준예측오차(SEP)는 0.450이었다. 그리고 PC를 10으로 설정하였을 때(Fig.8)의 다중상관계수 R 은 0.999, 표준오차(SEE)는 0.296 그리고 표준예측오차(SEP)는 0.3267로 나타나 PC 4의 경우보다 좀더 정확해진 결과를 나타내었다. 위의 방법으로 작성된 검량식으로 미

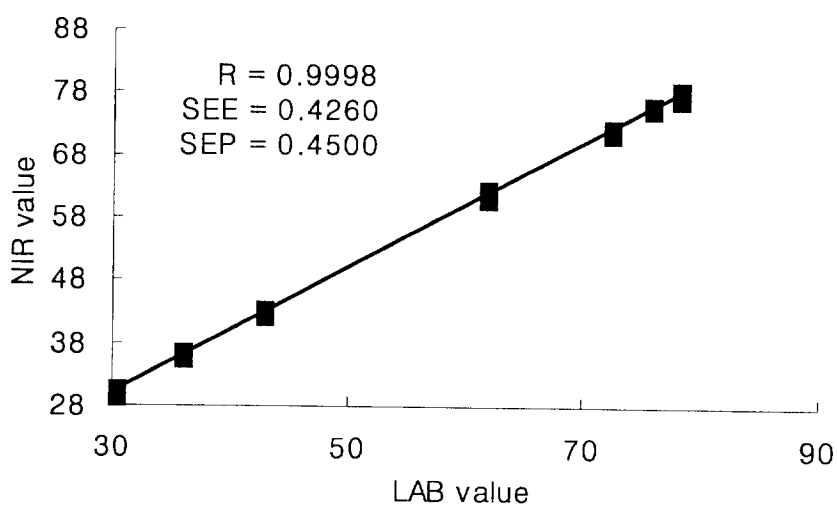


Fig. 7. Relationship between the near infrared spectra and protein contents of *Alaska pollack* surimi by principal component regression(PCR) method under four of principal component(PC4).

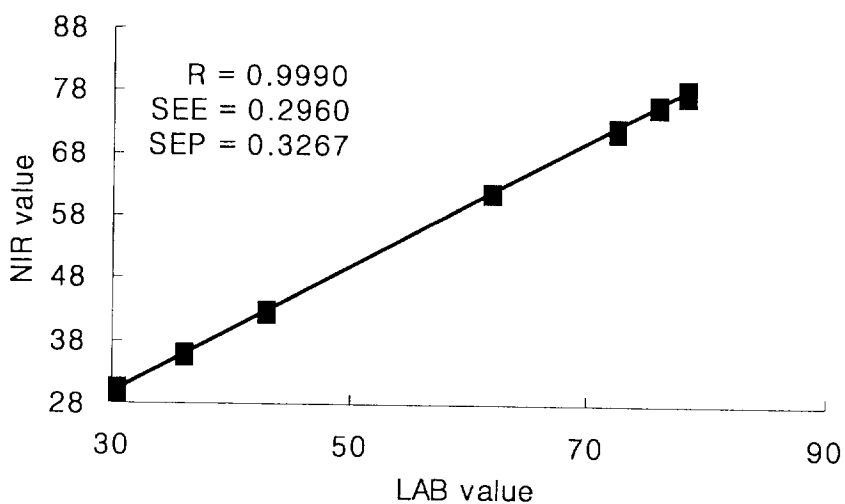


Fig. 8. Relationship between the near infrared spectra and protein contents of *Alaska pollack* surimi by principal component regression(PCR) method under ten of principal component(PC10).

지시료의 단백질 함량을 측정한 결과는 Table 5와 같다. 기존의 이화학적 분석결과와 근적외선 분광분석법으로 측정한 결과와의 오차범위가 0.0029~0.4741로 매우 높은 정확성을 나타내었다.

2-2. 지질의 분석

근적외선 분광분석법을 이용하여 연육내 지질을 정량하기 위해 시료의 지질 함량을 Table 6과 같이 연육에 대두유를 각각 다르게 첨가하는 방법으로 변화시켜 측정하였다. 먼저 지질함량의 변화에 따른 근적외선 스펙트럼의 변화를 알아보기 위해 지질함량이 다른 3개의 시료를 측정한 결과는 Fig.9에 나타내었다. 그림에서 1730nm 대역과 1740nm, 2300nm 대역에서 흡광도의 변화를 나타내었다. 단백질의 경우와 마찬가지로 지질함량이 증가함에 따라 흡광도도 증가하고 있음을 알 수 있었다. Nagao 등(1985)은 축육내 지방함량을 분석하기 위해 돈육, 우육, 계육의 근적외선 스펙트럼을 측정한 결과, 1208nm, 1230nm, 1730nm, 2300nm 대역에서의 차이가 가장 뚜렷하였고 이 대역에서의 흡광도 변화를 통계처리한 결과 돈육의 상관관계(R)는 0.990, 예측표준오차(SEP0)는 0.88%이었다고 보고하였다.

Fig.9의 스펙트럼을 1차 미분한 결과는 Fig.10에 나타내었다. 나타난 결과에서 1650nm 대역에서 지질함량의 변화에 따른 흡광도의 차이가 뚜렷하게 나타나고 있으며, 1730nm와 1740nm 부근에서도 지질함량 차이에 따른 흡광도의 차이가 나타났다. 1차 미분한 스펙트럼과 2차 미분한 스펙트럼의 차이를 알아보기 위해 2차 미분한 스펙트럼은 Fig.11에 나타내었다. 2차 미분 스펙트럼상

Table 5. Protein contents of *Alaska pollack* surimi by the chemical analysis and near infrared spectroscopy

Chemical analysis (%)	NIR analysis (%)	Difference
42.8	42.97	-0.1812
36.0	36.06	-0.0180
30.3	30.33	-0.0423
72.3	72.46	-0.0184
78.1	78.20	-0.0952
61.8	61.56	0.2864
36.0	35.98	0.0647
72.3	72.14	0.1423
75.8	75.83	-0.0656
61.8	61.84	0.0018
42.8	42.98	-0.1904
30.3	30.46	-0.1704
75.8	75.90	-0.1395
75.8	75.67	0.0893
78.1	77.86	0.2520
42.8	43.19	-0.3959
36.0	36.37	-0.3253
30.3	29.81	0.4741
72.3	72.28	-0.0029
61.8	61.59	0.2539

Table 6. Lipid contents of *Alaska pollack* surimi for measuring near infrared spectrum

	Sample name				
	A ¹⁾	O-5 ²⁾	O-10 ³⁾	O-15 ⁴⁾	O-20 ⁵⁾
Lipid (%)	1.79	8.48	16.15	22.05	28.30

¹⁾Grade of frozen *Alaska pollack* surimi

²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾5g, 10g, 15g, 20g of soybean oil added *Alaska pollack* surimi for changing lipid contents

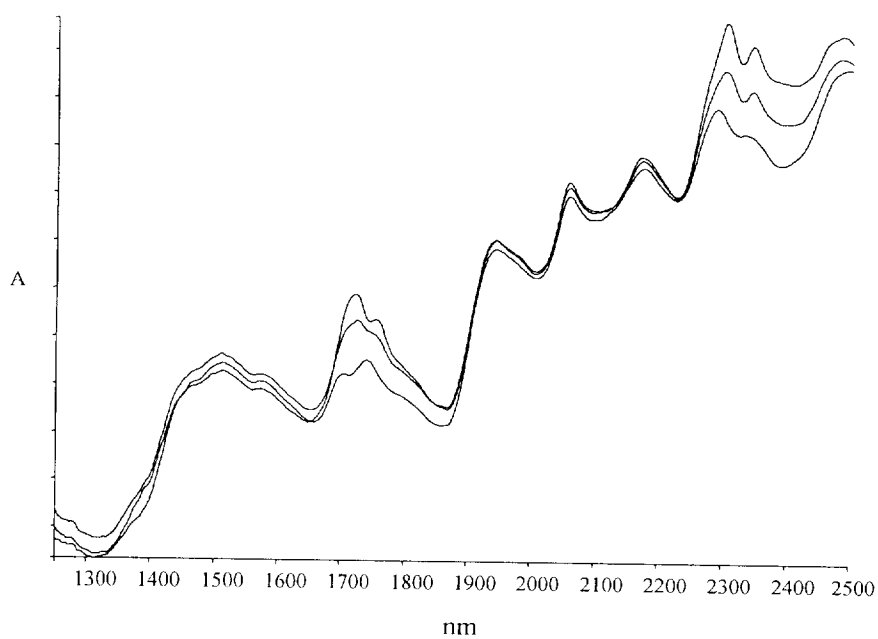


Fig. 9. Changes in near infrared spectra of lyophilized *Alaska pollack* surimi as lipid contents of 8.48-28.30%.

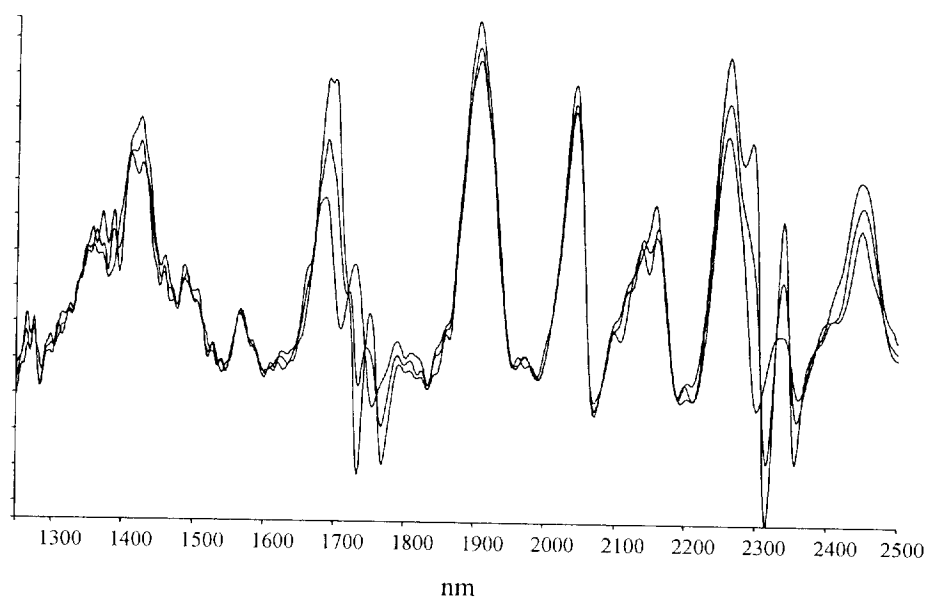


Fig. 10. Changes in first derivative near infrared spectra of *Alaska pollack* surimi as lipid contents of 8.48-28.30%.

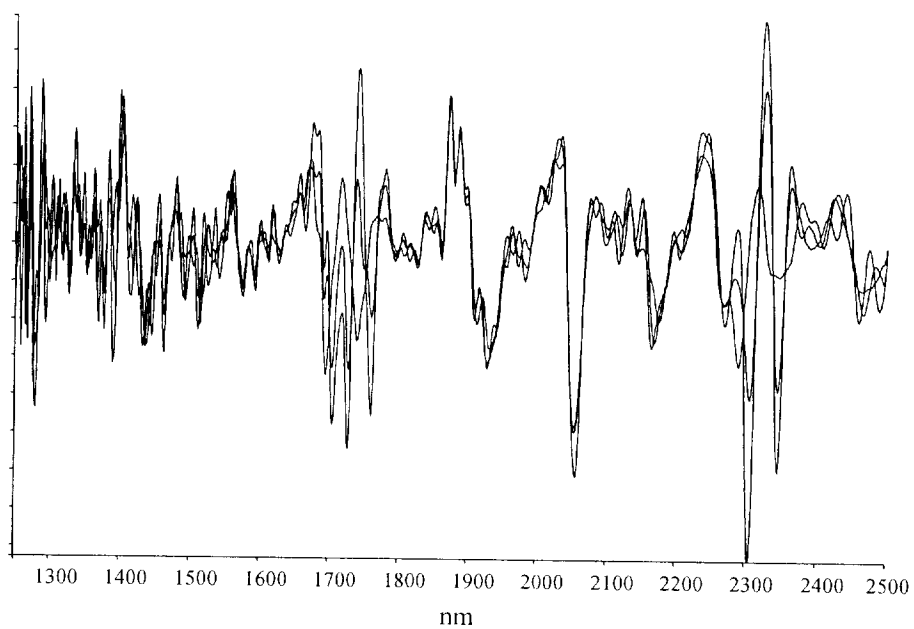


Fig. 11. Changes in second derivative near infrared spectra of *Alaska pollack* surimi as lipid contents of 8.48-28.30%.

의 2300nm 대역에서 뚜렷한 흡광도 차이를 나타내었으며, 다른 주요 C-H 흡수대역에서도 차이가 나타났다. 1차 미분한 스펙트럼과 2차 미분한 스펙트럼을 비교한 결과 2차 미분한 스펙트럼에서 1차 미분한 스펙트럼보다 더 많은 흡광도 변화폭을 나타내고 있음이 확인되었다. 이러한 결과는 다성분 혼재시 각 성분분석을 위해서는 스펙트럼의 고차미분이 효과적임을 나타내는 것이라 생각된다.

연육내 지질함량의 정량을 위하여 지질함량이 다른 검량식 작성용 시료 70종과 검증용 시료 20종의 근적외선 스펙트럼과 이화학적 방법으로 측정한 결과를 통계 처리한 결과(Fig.12) PC 4일 때의 다중상관계수 R은 0.9995이었고, 표준오차(SEE)는 0.3405, 표준예측오차(SEP)는 0.3645이었다. PC 7(Fig.13)의 경우에는 다중상관계수(R)가 0.9996, 표준오차(SEE)가 0.3191, 표준예측오차(SEP)가 0.3538이었다. PC 4와 PC 7을 비교한 결과 PC 7의 결과가 더 정확한 결과를 나타내었다.

위의 방법으로 구한 검량식으로 미지시료를 측정한 결과는 Table 7과 같다. 이화학 분석값과의 오차범위는 0.0233~0.4384로서 근적외선 분광분석법에 의한 연육의 지질정량이 매우 효과적임을 알 수 있었다.

3. 근적외선 분광분석법에 의한 연육내 첨가물의 분석

3-1. 전분의 분석

전분은 어묵의 탄력보강 및 증량제로 주로 사용되는 부원료이며 대부분의 시판어묵에 사용되고 있다. 근적외선 분광법을 이용한 전분의 분석을 위하여

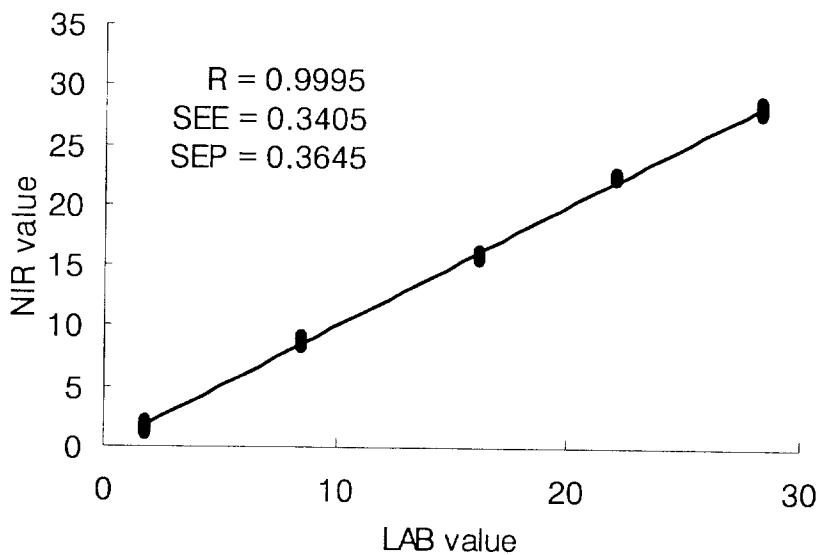


Fig. 12. Relationship between the near infrared spectra and lipid contents of *Alaska pollack* surimi by principal component regression(PCR) method under four of principal component(PC4).

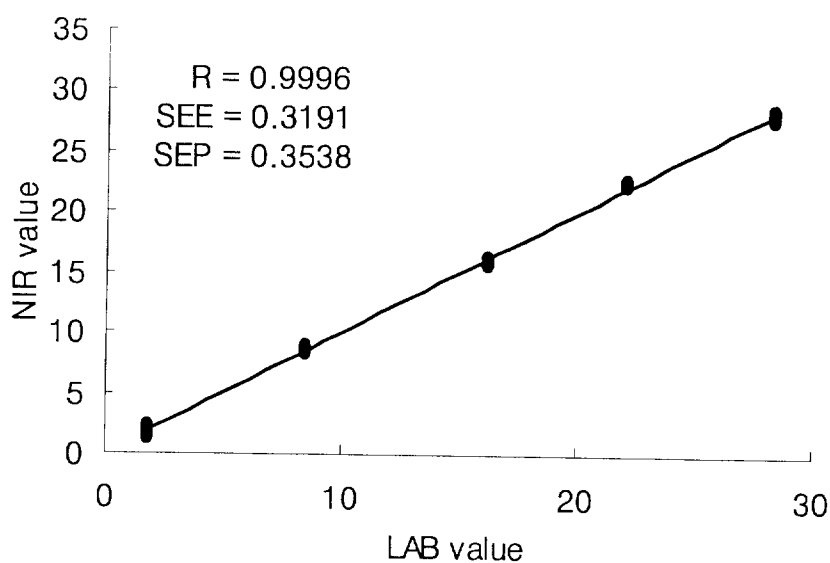


Fig. 13. Relationship between the near infrared spectra and lipid contents of *Alaska pollack* surimi by principal component regression(PCR) method under seven of principal component(PC7).

Table 7. Lipid contents of *Alaska pollack* surimi by the chemical analysis and near infrared spectroscopy

Chemical analysis (%)	NIR analysis (%)	Difference
1.80	1.598	0.1977
28.3	28.61	-0.3149
1.80	1.819	-0.0233
8.48	8.524	-0.0409
16.2	15.71	0.4388
28.3	28.18	0.1171
1.80	2.082	-0.2864
8.48	8.831	-0.3485
28.3	28.37	-0.0696
1.80	2.076	-0.2802
8.48	8.268	0.2154
28.3	28.20	0.0982
1.80	1.506	0.2897
8.48	8.647	-0.1635
16.2	15.71	0.4384
22.1	22.63	-0.5756
1.80	1.696	0.0998
8.48	8.770	-0.2884
16.2	15.94	0.2107
28.3	28.12	0.1816

측정한 감자전분의 근적외선 스펙트럼을 Fig.14에 나타내었다. 스펙트럼에서 1400nm 대역과 1780nm 대역 그리고 2100nm, 2300nm 대역에서 특징적인 신호가 나타났다. 그림에 나타난 2100nm 대역에서의 신호는 2+O-H def+C-H def에 의한 흡수신호이며 2300nm 대역에서의 신호 또한 C-H str+C-H str의 흡수신호로서 전분의 흡수신호와 일치하는 결과를 나타내었다. Czuchajowska 등(1992)은 보리, 전분 및 β -D-Glucan의 amylose 함량을 분석한 결과 전분의 신호대역은 2060nm, 2096nm, 2132nm, 2282nm, 2335nm이었다고 보고하였다.

전분 첨가로 인한 근적외선 스펙트럼의 변화를 확인하기 위하여 전분을 첨가한 연육과 첨가하지 않은 연육의 근적외선 스펙트럼을 측정한 결과 (Fig.15) 1950nm 대역에서 전분 첨가구 쪽의 신호가 무첨가구에 비해 크게 나타나는 것으로 확인되었다.

전분함량을 5~10%로 조절한 연육의 근적외선 스펙트럼(Fig.16)을 살펴보면 1450nm 대역과 1950nm 대역에서 흡수신호의 변화가 나타나고 있으며 전분함량이 높을수록 이들 신호도 증가하는 경향을 보였다. 이 스펙트럼들을 1차 미분하여 나타낸 Fig.17과 2차 미분한 Fig.18에서도 전분함량의 증가와 함께 흡수신호도 증가하는 경향을 나타내었다.

전분함량을 다르게 제조한 연육으로부터 얻어진 근적외선 스펙트럼을 통계처리하여 근적외선 분광분석법으로 전분함량을 정량하고자 검량식 작성용 시료 70종과 검증용 시료 20종의 근적외선 스펙트럼을 측정한 후 PCR법으로 통계처리하여 작성된 검량식은 Fig.19에 나타내었다. 전분함량과 근적외선 스펙트럼

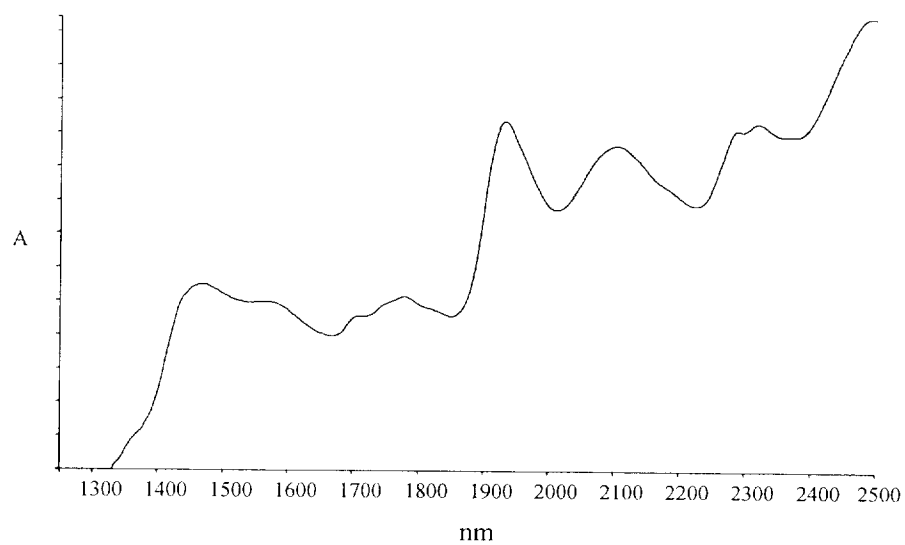


Fig. 14. Near infrared(NIR) spectra of starch from potato.

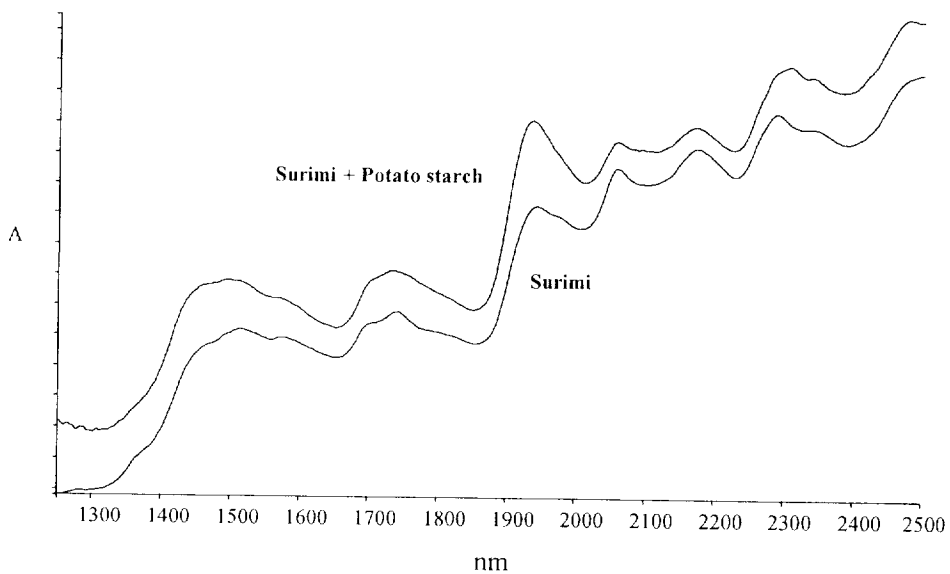


Fig. 15. Near infrared spectra of *Alaska pollack* surimi and potato starch added surimi.

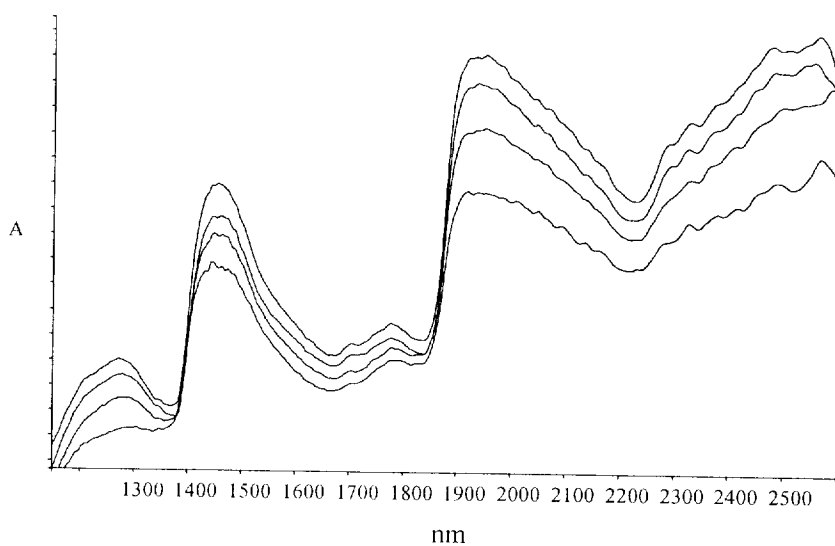


Fig. 16. Changes in NIR spectra of *Alaska pollack* surimi as potato starch contents of 5-10%.

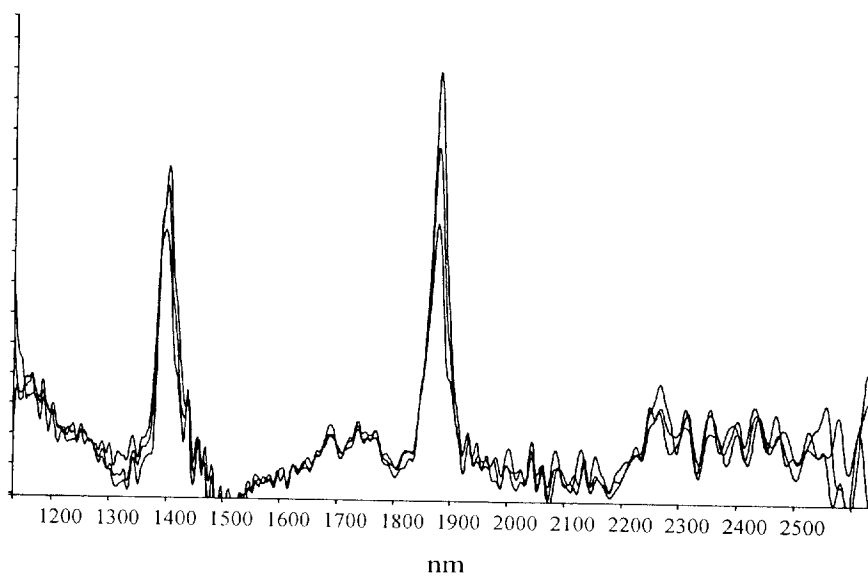


Fig. 17. Changes in first derivative NIR spectra of *Alaska pollack* surimi as potato starch contents of 5-10%.

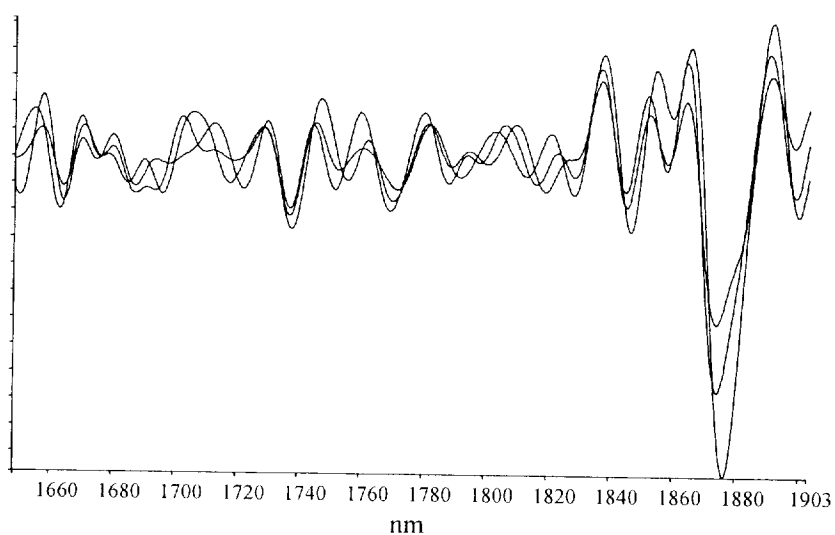


Fig. 18. Changes in second derivative NIR spectra of *Alaska pollack* surimi as potato starch contents of 5-10%.

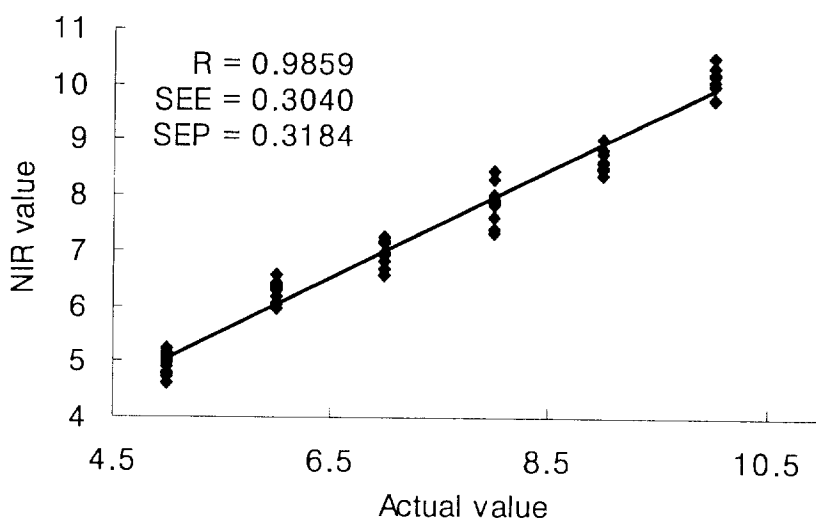


Fig. 19. Relationship between the NIR spectra and starch contents of *Alaska pollack* surimi by PCR method under PC5.

과의 다중상관계수 R은 0.9859로 높은 상관성을 나타내었으며, 이때의 표준오차(SEE)는 0.304, 표준예측오차(SEP)는 0.3184로 이었다. 이 검량식을 이용하여 20개의 미지시료를 측정한 결과는 Table 8과 같으며, 오차범위가 0.0186~0.6470으로 낮아 근적외선 분광분석법을 이용한 연육중의 전분함량 분석이 매우 효과적인 방법이 될 수 있을 것으로 판단된다.

3-2. Sorbitol의 분석

일반적으로 동결연육에는 단백질의 동결변성을 방지할 목적으로 설탕 또는 sorbitol을 5~8% 정도 첨가하고 있다. 근적외선 분광분석법을 이용한 연육중의 sorbitol 분석을 위해 sorbitol의 근적외선 스펙트럼을 측정하였다(Fig.20). 스펙트럼 상에서 1580nm, 2100nm 대역 그리고 2300nm, 2500nm 대역에서 특징적인 신호가 확인되었다. 1580nm 대역의 신호는 O-H기의 신축진동에 의한 흡수신호로서 주로 전분 또는 포도당에서 나타나는 신호이며, 2100nm 대역의 신호는 O-H str+O-H def에 의한 신호로서 주로 R-OH 또는 설탕에서 나타나는 신호이다.

Fig.21은 sorbitol을 첨가한 연육과 첨가하지 않은 연육의 근적외선 스펙트럼을 나타낸 것이다. 두 스펙트럼을 비교해 보면 2100nm 대역에서의 신호에 차이를 나타내고 있는데 이는 O-H str+O-H def에 의한 신호로서 주로 R-OH와 설탕에서 나타나는 신호로 알려져 있다.

Sorbitol의 함량 차이에 따른 근적외선 스펙트럼의 변화를 알아보기 위하여 sorbitol 함량을 4~10%로 조절한 연육의 근적외선 스펙트럼은 Fig.22에 나타

Table 8. Difference between the actual starch contents of *Alaska pollack* surimi and quantified starch contents by NIR analysis.

Actual content (%)	NIR analysis (%)	Difference
5	4.905	0.0946
5	4.766	0.2339
5	5.025	-0.0255
6	6.362	-0.3619
6	6.275	-0.2749
6	6.355	-0.3551
6	6.574	-0.5736
7	7.124	-0.1244
7	6.564	0.4357
7	6.832	0.1685
8	7.408	0.5920
8	8.019	-0.0186
8	7.917	0.0827
9	8.624	0.3761
9	8.352	0.6477
9	8.599	0.4005
9	8.518	0.4820
10	10.17	-0.1739
10	9.735	0.2648
10	10.22	-0.2226



Fig. 20. Near infrared(NIR) spectrum of sorbitol added in surimi.

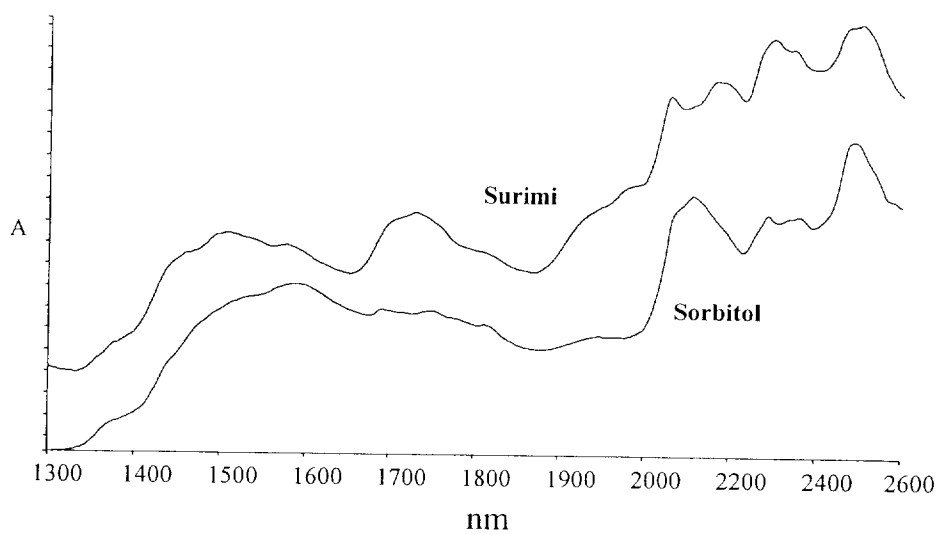


Fig. 21. Near infrared(NIR) spectra of *Alaska pollack* surimi and sorbitol.

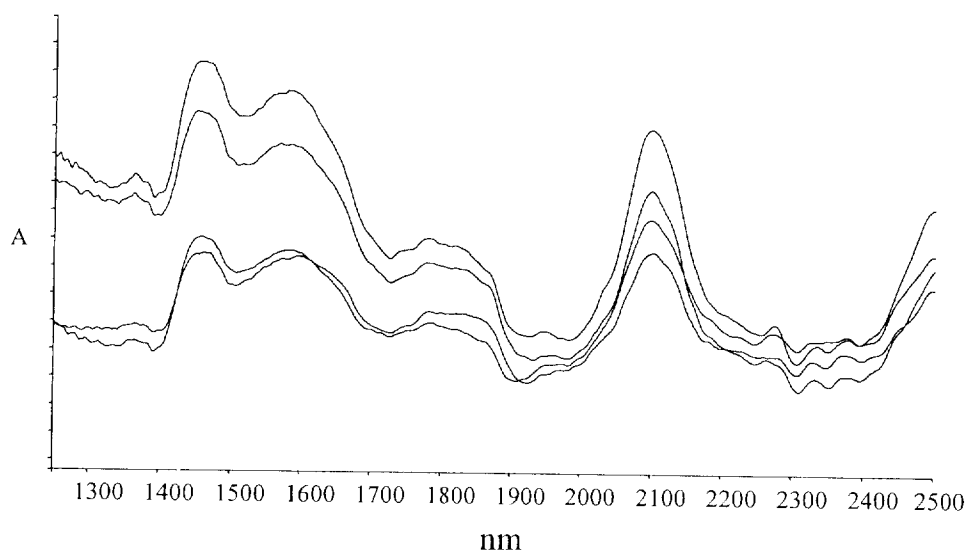


Fig. 22. Changes in NIR spectra of *Alaska pollack* surimi as sorbitol contents of 4-7%.

내었다. 2100nm 대역에서 sorbitol 함량이 증가할수록 흡수신호도 증가하는 경향을 나타내었다. 이들 스펙트럼을 1차 미분 또는 2차 미분한 스펙트럼 (Fig.23, Fig.24)에서도 같은 경향을 나타내었다.

검량식 작성용 시료 70종의 근적외선 스펙트럼을 PCR software로 통계처리한 결과는 Fig.25에 나타내었다. PC를 10으로 설정하여 통계처리하였을 때의 다중상관계수 R은 0.9972, 표준오차 SEE는 0.1604, 표준예측오차 SEP는 0.1736 인 것으로 나타났다. 검량식을 이용하여 미지시료의 sorbitol을 측정한 결과는 Table 9에 나타내었으며, 오차범위는 0.0344~0.9662로 근적외선 분광분석법에 의한 연육중의 sorbitol 정량이 효과적 결과를 가져다 줄 수 있을 것으로 생각된다.

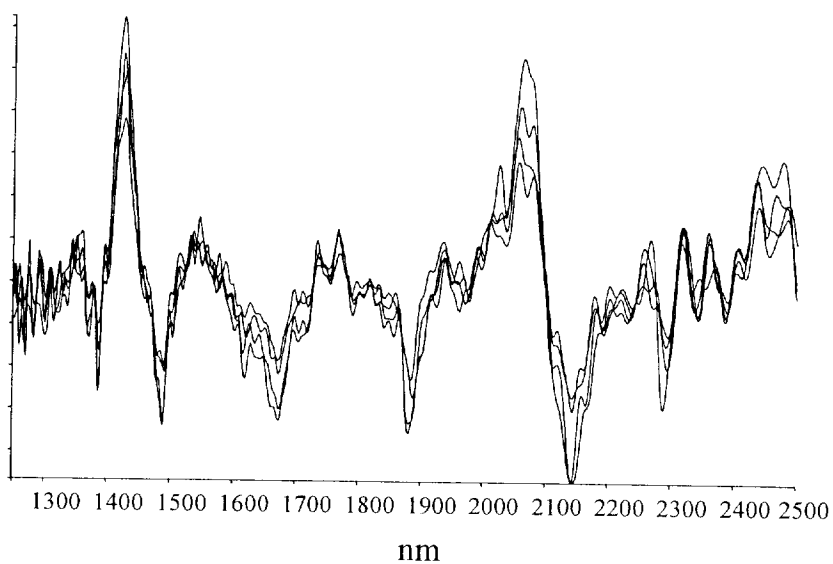


Fig. 23. Changes in first derivative NIR spectra of *Alaska pollack* surimi as sorbitol contents of 4-7%.

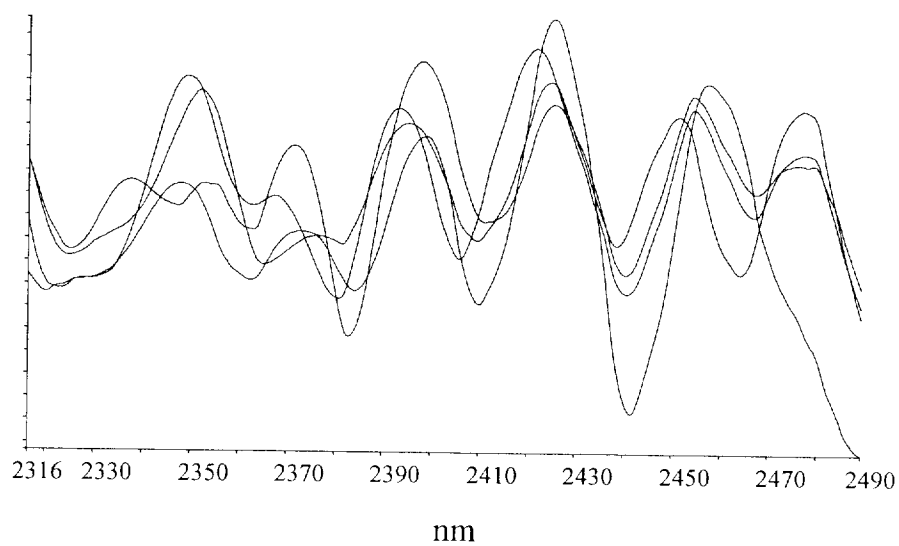


Fig. 24. Changes in second derivative NIR spectra of *Alaska pollack* surimi as sorbitol contents of 4-7%.

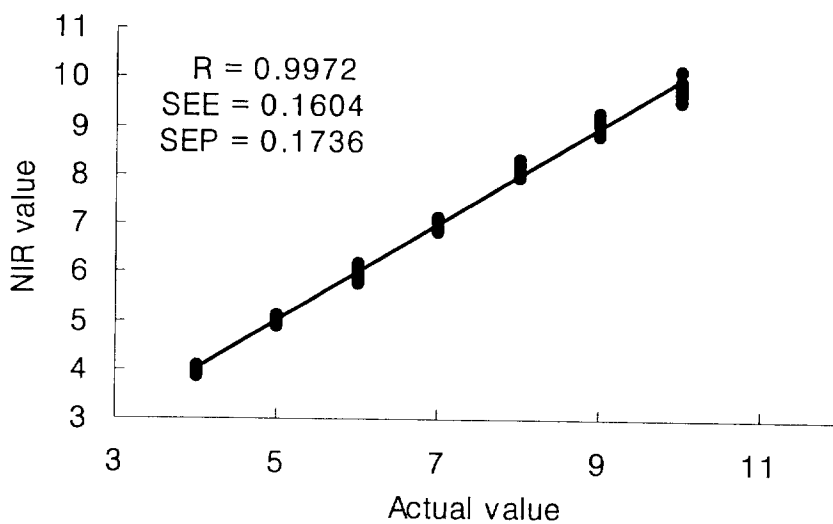


Fig. 25. Relationship between the NIR spectra and sorbitol contents of *Alaska pollack* surimi by PCR method under PC10.

Table 9. Difference between the actual sorbitol contents of *Alaska pollack* surimi and quantified sorbitol contents by NIR analysis.

Actual content (%)	NIR analysis (%)	Difference
4	4.083	-0.0828
4	3.953	0.0474
4	4.045	-0.0445
4	3.966	0.0344
4	3.856	0.1444
5	4.881	0.1190
5	4.911	0.0886
5	5.087	-0.8661
6	6.176	-0.1762
6	6.044	-0.4393
6	5.82	0.1797
7	7.05	-0.0504
7	6.851	0.1493
8	8.097	-0.9662
8	7.935	0.0647
9	8.819	0.1810
9	9.16	-0.1602
10	9.787	0.2126
10	9.707	0.2933
10	9.77	0.2299

결론 및 요약

최근 식품의 성분분석을 위한 새로운 분석방법으로 관심을 끌고 있는 식품의 비파괴 분석법의 일종인 근적외선 분광분석법을 이용하여 명태 연육의 단백질 및 지질의 정량과 연육의 대표적 첨가물인 전분과 sorbitol 정량에 관한 일련의 실험을 행한 결과를 요약하면 다음과 같다.

동결건조한 명태 연육의 등급별 단백질 함량은 FA가 17.8%, A가 17.7%, RA가 16.9%이었으며, 지질 함량은 FA가 1.3%, A가 1.7%, RA가 1.7%이었다. 명태 연육의 근적외선 스펙트럼에서 높은 수분 함량(73.8~74.0%)으로 인한 O-H기의 신호가 너무 크고 넓어 단백질, 지질, 첨가물들에 의한 신호를 확인하기 어려우므로 근적외선 분광분석법으로 이들의 분석을 위해서는 수분함량을 줄이는 것이 필요하다고 생각된다.

근적외선 분광분석법을 이용한 연육중의 단백질 분석에서 단백질의 근적외선 신호는 1510nm, 2050nm, 2170nm, 2180nm에서 나타나며, 이들 신호는 단백질 함량이 증가함에 따라 증가하는 경향을 나타내었다. 70개의 단백질 함량이 다른 연육의 근적외선 스펙트럼을 이화학적 방법으로 정량한 단백질 함량과 함께 PCR법으로 통계처리한 결과 PC 4로 설정하였을 때는 R이 0.9998, SEE는 0.426, SEP는 0.450이었으며, PC 10의 경우에는 R이 0.999, SEE가 0.296, SEP가 0.3267이었다. 20개 미지시료의 단백질 함량을 근적외선 분광분석법으로 정량한 결과 오차범위는 0.0029~0.4741로 매우 정확한 결과를 나타

내었다.

지질의 정량을 위한 근적외선 분광분석에서는 1730nm, 1740nm, 2300nm에서 지질에 의한 흡수신호가 관찰되었으며, 이들은 지질의 함량 증가에 따라 증가하는 경향을 나타내었다. 70개의 검량식 작성용 시료와 20개의 검증용 시료의 근적외선 스펙트럼을 측정하고 이화적방법으로 측정한 지질함량 결과와 함께 PCR법으로 통계처리한 결과 PC 4의 경우 R은 0.9995, SEE는 0.3405, SEP는 0.3645이었으며, PC 7에서는 R, SEE 및 SEP각 각각 0.9996, 0.3191, 0.3538이었다. 그리고 검증용 시료의 측정에서 오차범위는 0.0233~0.4384로 높은 정확성을 보였다.

전분의 정량에서는 1450nm와 1950nm의 신호 변화가 가장 크게 나타났으며, 70개의 검량식 작성용 시료와 20개의 검증용 시료의 측정후 통계처리한 결과 R, SEE 및 SEP가 각각 0.9859, 0.304, 0.3184로 나타났으며, 오차범위는 0.0186~0.6470이었다. Sorbitol의 경우 R, SEE 및 SEP는 각각 0.9972, 0.1604, 0.1736(PC 10)이었으며, 오차범위는 0.0344~0.9662로 나타났다.

이상의 결과로 미루어보아 근적외선 분광분석법을 이용한 연육중의 일반성분 및 첨가물의 분석은 신속성 및 재현성이 높아 매우 효율적이라 생각되고, 앞으로 근적외선 분광분석법을 이용한 식품의 분석이 크게 확대될 것으로 기대되며, 차후 대상 시료를 달리한 연구가 다방면으로 활발히 진행되어야 할 것으로 사료된다.

감사의 말씀

본 논문을 완성하기까지 부족함이 많은 저를 격려와 관심으로 지도해 주신 이근태 교수님께 먼저 고개 숙여 감사드립니다.

아울러 부족한 논문을 정성으로 교열하여 주신 김선봉 교수님, 전병수 교수님께도 깊은 감사드리며, 그 동안 격려를 아끼지 않으신 식품공학과 장동석 교수님, 조영제 교수님, 양지영 교수님, 이양봉 교수님, 안동현 교수님께도 감사의 마음을 전합니다.

그리고 항상 열과 성을 다하여 실험을 도와준 화학공학 실험실 석사과정 송호수, 김경태, 황선영 그 외 학부 후배님들에게도 진심으로 감사드립니다.

또한 이 논문이 결실을 이룰 수 있도록 항상 도움과 격려를 아끼지 않았던 나택균 수산물품질검사원 부산지원장님과 박선준 과장님 그리고 분석실 직원 모두에게 감사의 마음을 전합니다.

끝으로 오늘이 있기까지 많은 후원과 도움을 아끼지 않았던 친정 부모님께 고개 숙여 감사드리며, 무사히 연구를 마칠 수 있도록 바쁜 가운데 수고를 아끼지 않고 도와준 남편 박성민 박사님과 공부하는 엄마를 무척이나 잘 이해해 준 딸 지수에게 기쁨과 영광을 돌리고 싶습니다.

참 고 문 헌

- Albanell, E. and G. Caja. 1993. Determination of chemical composition of carob pods by near infrared reflectance spectroscopy. J. Sci. Food Agric., 63, 309-312.
- Bae, Y.M. and I.C. Seong. 1996. Measurement of fat content in potatochips by near infrared spectroscopy. Korean J. Food sci. tech., 28, 916-921.
- Burks, C.S. and F.E. Dowell. 2000. Measuring fig quality using near infrared spectroscopy. J. Stored Products Research., 36, 289-296.
- Bruce, A. and A. Schumann. 1991. Comparison of near infrared spectroscopy calibration methods for the prediction of protein, oil and starch in maize grain. J. Agric. Food Chem., 39, 883-886
- Baer, R.J. and J.F. Frank. 1983. Composition analysis of whey powders using near infrared diffuse reflectance spectroscopy. J. Food Sci., 48, 959-961.
- Begley, T.H. and E.L. Begley. 1984. Determination of sodium chloride in meat by near infrared diffuse reflectance spectroscopy. J. Agric. Food Chem., 32, 984-987.
- Chung, H.I. and H.J. Kim. 2000. Near infrared spectroscopy principles. Anal. Sci, & Tech., 13, 1A-14A.

- Chen, H. and B.P. Marks. 1997. Evaluating previous thermal treatment of chicken patties by visible/near infrared spectroscopy. *J. Food Sci.*, 61, 753-756.
- Clurzak, E.W. and R.P. Torlini. 1986. Determination of particle size of pharmaceutical raw materials using NIR spectroscopy. *Spectroscopy.*, 1, 7-16.
- Czuchajowska, Z., J. Szczodrak and Y. Pomeranz. 1992. Characterization and estimation of barley polysaccharides by near infrared spectroscopy, I. Barleys, Starches and β -D-Glucans. *Cereal Chem.*, 69, 413.
- Dull, G.G. 1978. Nondestructive quality evaluation of agricultural products. *J. Food Prot.*, 4, 50-58.
- Harloff, J. and G. Arnold. 2001. Near infrared reflectance spectroscopy of bulk analog materials for planetary crust. *Planetary and Space Science*, 49, 191-211.
- Huxsoll, C.C. and H.R. Bolin. 1995. Near infrared analysis potential for grading raisin quality and moisture. *J. Food Sci.*, 60, 176-180.
- Isaksson, T. and T. Naes. 1992. Nondestructive NIR and NIT determination of protein, fat, water in plastic wrapped homogenized meat. *Applied Spectroscopy*, 46, 1685-1697.
- Kwon, H.S. 1999. Discrimination of oil seeds according to geographical origin using near infrared reflectance spectroscopy. *J. Korean Oil*

Chem. Soc., 16, 21-24.

Lanza, E. 1983. Determination of moisture, protein, fat and calories in raw pork and beef by near infrared spectroscopy. *J. Food Sci.*, 48, 471-474.

Liu, Y. and Y.R. Chen. 2001. Two dimensional visible/near infrared correlation spectroscopy study of thawing behavior of frozen chicken meats without exposure to air. *Meat Sci.*, 57, 299-310.

Michel, P. and Q. Paul. 1997. Whey changes during processing determined by near infrared spectroscopy. *J. Food Sci.*, 62, 475-479.

Robert, C.A., and K. Graffis. 1987. Quantification of mold in hay by near infrared reflectance spectroscopy. *J. Dairy Sci.*, 70, 2560.

Robert, P. and B. Dominique. 1987. Multivariate analysis applied to near infrared spectra of milk. *Anal. Chem.*, 59, 2187-2191.

Ripoche, A. and A.S. Guillard. 2001. Determination of fatty acid composition of pork fat by fourier transform infrared spectroscopy. *Meat Sci.*, 58, 299-304.

Sarah, C. and E. Onno. 1998. Characterization of the sources of variation affecting near infrared spectroscopy using chemometrics methods. *Anal. Chem.*, 70, 3198-3201.

Sanchez, M.S. and E. Bertan. 2000. Quality control decisions with near infrared data. *Chem. Intel. Lab.*, 53, 69-80.

- Thorsten, H.K. 2001. One hundred percent online identify check of pharmaceutical products by near infrared spectroscopy on the packaging line. *Euro. J. Pharm. Biopharm.*, 51, 9-16.
- Urban, W. and S. Christina. 2001. NIR measurements of moisture changes in foods. *J. Food Eng.*, 47, 303-312.
- Williams, P.C. and K.H. Norris. 1985. Determination of protein and moisture in wheat and barley by near infrared transmission. *J. Agric. Food Chem.*, 33, 239-244.
- Zeng, W.Z. and H.Z. Zhang. 1996. Direct determination of the starch content in gravy by near infrared spectroscopy. *J. Agric. Food Chem.*, 44, 1460-1463.