양식산 활어의 신속, 정확한 품질판정 기술개발에 관한 연구

Development of Quality and Grade Evaluation Method in Cultured Fish

주관연구기관
부 경 대 학 교

제 출 문

해양수산부 장관 귀하

본 보고서를 “양식산 활어의 신속, 정확한 품질판정 기술개발에 관한 연구” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2004. 10.

주관연구기관명 : 부경대학교
총괄연구책임자 : 조 영 제
연 구 원 : 이 남 걸
연 구 원 : 김 태 진
연 구 원 : 정 병 천
연 구 원 : 심 길 보
연구보조원 : 정호진, 배진한
김배의, 김윤철
최고운, 엄혜원
이재현, 박철윤

요 약 문

Ⅰ. 제 목

양식산 활어의 신속, 정확한 품질판정 기술 개발에 관한 연구

Ⅱ. 연구개발사업의 목적 및 중요성

1. 연구개발사업의 목적

근래에 들어 가계소득의 증가와 건강기능 식품에 대한 욕구로 생선회의 소비는 과거에 비하여 현저히 증가하고 있다. 생선횟감용 활어는 자연산, 양식산, 수입산 등으로 나눌 수 있는데, 생선회로 소비할 수 있는 자연산 활어는 자원고갈 및 어장축소 등 여러 가지 이유로 유통되고 있는 량은 미미하며, 유통량의 90% 이상은 양식산 활어이다. 양식산 활어의 생산량은 1990년대 초반에 비하여 10배 이상 증가되어 있을 뿐만 아니라 가까운 중국이나 일본 등지에서 생선회로 먹기 위하여 많은 량의 활어가 수입되고 있는 실정이다. 우리나라의 양식산 활어의 총 생산량은 2001년에 약 100,000여 톤이며, 약 15종의 어류가 양식되고 있으나, 그 중 대부분을 넙치와 우럭이 차지하고 있다. 이렇게 생산된 활어는 활어 수송차에 의하여 수송되어 소비지의 활어시장에서 거래되고 있는 실정이다. 그러나 많은 경우, 활어의 가격은 활어의 품질에 관계없이 중량을 기준으로 거래되고 있는 실정이다. 활어는 일반적으로 육질이 단단하고 탄력이 좋은 어종일수록 고급횟감으로 취급되어지고 있는데, 이와 같이 중량단위로서만 거래된다면 좋은 품질의 활어가 제대로 된 가격을 받지 못하게 될 뿐만 아니라, 활어를 생산하는 양식업자나 어촌계는 어류를 양식할 때 살만 찌우려 할 것이며, 양질의 활어를 생산한 업자라도 어차피 중량으로 가격이 산정되기 때문에 질 좋은 양식어류를 생산하려고 하지 않을 뿐만 아니라 좋은 활어를 생산한 양식업자가 피해를 보게 될 것이다. 그리고 결국 탄력이 없어 맛이 떨어진 활어는 소비자의 외면을 당하게

되며, 이것은 결국 우리나라 어류 양식업을 위협하는 요인이 될 것이므로 제대로 된 활어를 생산하게끔 규제를 가할 필요가 있을 것이다. 그리고 이것은 중량은 같더라도 좋은 품질의 활어에 차별화 된 가격을 지불하는 제도가 도입된다면 이와 같은 문제는 충분히 개선할 수 있을 것으로 사료된다. 그러나 현재는 활어의 품질을 평가할 수 있는 객관적인 품질판정 기술이 없고, 양식기술이 중량을 증대시키는 방향으로 발전되고 있으므로, 장기적으로는 소비자들에게 외면당할 수밖에 없을 것이다. 그러므로 활어 품질판정 기술의 개발은 우리나라 양식업의 대외경쟁력을 갖추게 할뿐만 아니라 어민소득을 향상시킬 수 있다. 또한 활어의 유통질서를 갖추기 위해서는 활어의 품질을 판정하는 기술이 시급히 개발되어야 할 과제이므로, 본 연구에서는 양식 활어 근육의 품질을 정확하고도 신속하게 판정할 수 있는 기술을 개발하고자 하였다.

2. 중요성

우리나라 사람들이 생선회를 먹는 습관은 살아서 펄떡 펄떡 뛰는 활어를 선호하는 활어회 문화이고, 살아있어야만 맛이 좋다는 개념을 가지고 있다. 이와 같이 우리 국민들이 활어회를 선호하는 이유는 생선회의 맛을 느낄 때 미각보다는 촉각, 즉 근육의 단단함을 중시하기 때문이다. 그래서 육질이 단단하고 탄력이 좋을수록 비싼 가격으로 거래하고 있으며, 생선회를 먹는 사람들은 넙치, 우럭, 참돔 등 흰 살 생선회를 방어와 같은 붉은 살 생선회에 비하여 더욱 선호하고 있다. 그러나 넙치, 참돔, 우럭 등 주요 양식산 어류에 있어서 같은 어종이라 할지라도 생산지역이나 사육방법에 따라서 품질에 많은 차이가 있다. 그럼에도 불구하고 시장에서 거래되는 활어는 대부분이 중량으로 거래되고 있어, 비만활어가 그렇지 않은 활어에 비하여 높은 가격이 매겨지며, 이것은 품질에 상관없이 활어의 가격이 정해지는 원인이 되고 있다. 그러므로 양식활어 생산자들은 활어를 사육할 때 활어가 무게가 재빨리, 그리고 많이 증량되도록 사육하며, 밀식을 야기하거나, 고지방식이를 급여하는 원인이 되고 있다. 이렇게 생산된 비만활어는 좋은 육질을 가지고 있지 않으므로 소비자들이 선호하지 않으며, 수입산 활어에 대한 품질 및 가격경쟁력을 잃음으로서 우리의 양식산업을 약화시키는 원인이 된다. 그래서

활어 유통시장에서 양식산 활어의 가격이 현재와 같이 중량이 아니라, 품질에 의하여 결정된다면, 생산자들도 좋은 품질의 활어를 생산하게 되고, 나아가 막대하게 밀려드는 수입산 활어에 대한 경쟁력도 아울러 유지할 수 있기 때문에 대단히 중요하다.

Ⅲ. 연구개발사업의 내용 및 범위

1. 양식산 활어의 품질판정 지표의 설정

가. 실험수조의 설계, 제작 및 시험

1) 활어의 종류 및 수용밀도에 따라 활어를 수용할 수 있는 적정한 수준의 수조 크기를 선정하여 일반 사육수조와 활어를 강제적으로 운동시킬 수 있는 실험수조를 설계하고 제작하였다.
2) 제작한 운동사육수조에 대한 적합성을 검토하였다.

나. 물리·화학적 방법에 의한 활어근육의 품질판정 지표 검색 및 설정

1) 활어 근육의 품질지표를 설정하기 위하여 수분, 지방함량, 근육의 파괴강도, 콜라겐 함량 등 여러 가지 물리·화학적 방법에 의한 지표항목을 검색하였다.
2) 동일 어미로부터 새끼를 분양 받은 다음, 수용밀도를 적당히 하여 1~2 간 사육하여 동일 사료를 급이하면서 수조에 순치시키고, 적정 운동사육조건을 설정하였다.
3) 활어 그룹을 각각 분리하여 활어의 품질에 영향을 미치는 운동사육 여부에 따라 사육기간별로 활어 근육의 수분 및 지방함량의 변화, 지질의 조성, 콜라겐 함량, 파괴강도 등을 측정하여 지표들의 변화를 조사하고 각 지표들간의 상관성을 검토하였다.
4) 활어의 크기를 400g 이하로 고정하고 수용밀도를 적당히 하여 2주간 순치한 다음, 수개월 동안 조성을 달리한 사료를 공급하면서 사육기간에 따라 활어 근육의 수분 및 지방함량의 변화, 지질의 조성, 콜라겐 함량, 파괴강도 등을 측정하여 지표들의 변화를 조사하고 각 지표들간의 상관성을 검토하였다.

5) 크기가 다른 활어를 시중에서 구입하여 활어의 크기에 따른 물리, 화학적 품질판정 지표들의 차이를 조사하고 각 지표들 간의 상관성을 검토하였다.
6) 시중에서 주로 유통되고 있는 국내산 및 수입산 활어에 대하여 물리, 화학적 품질판정 지표들의 차이를 조사하고 각 지표들 간의 상관성을 검토하였다.
7) 상기의 실험결과에 의하여 활어의 품질판정을 위한 지표를 설정하고자 하였다.

다. 효소·화학적 방법에 의한 활어의 품질판정 지표 검색 및 설정

1) 활어 근육의 품질지표를 설정하기 위하여 ATP 관련물질의 함량, adenylate energy chargy(AEC), ATPase 활성 등 효소·화학적 방법에 의한 지표항목을 검색하였다.
2) 활어 그룹을 각각 분리하여 활어의 품질에 영향을 미치는 운동사육 여부에 따라 사육기간별로 ATP 관련물질의 함량, adenylate energy chargy(AEC), ATPase 활성 등을 측정하여 지표들의 변화를 조사하였다.
3) 활어의 크기를 400g 이하로 고정하고 수용밀도를 적당히 하여 2주간 순치한 다음, 수개월 동안 조성을 달리한 사료를 공급하면서 사육기간에 따라 효소, 화학적 지표들의 변화를 조사하였다.
4) 크기가 다른 활어를 시중에서 구입하여 활어의 크기에 따른 효소, 화학적 품질판정 지표들의 차이를 조사하였다.
5) 시중에서 주로 유통되고 있는 국내산 및 수입산 활어에 대하여 효소, 화학적 품질판정 지표들의 차이를 조사하였다.
6) 상기의 실험결과에 의하여 활어의 품질판정을 위한 효소, 화학적 지표를 설정하고자 하였다.

2. 어종에 따른 품질판정 지표의 적용 및 수식화

가. 품질판정 지표의 적용가능성 검토

농어 등 7개 활어를 시중에서 무작위로 구입하여 수분 및 지방함량,

콜라겐 함량 및 파괴강도 등의 물리, 화학적 지표와 AEC 등의 효소적 지표로서 활어의 품질판정을 실시하여 품질지표들의 적용 가능성을 검토하였다.

나. 품질판정 방정식의 도출 및 grouping

실험에 사용한 활어에 대하여 방정식을 도출하고, 이 방정식으로 구한 품질과 실제의 품질을 비교함으로서 간단하게 수식화한 한 후, 이 값들을 기준으로 각 어종에 따른 품질의 grouping을 실시하였다.

3. 신속, 정확한 양식산 활어의 품질판정 기술의 검토

가. Fruit hardness tester를 이용한 품질판정

설정한 품질지표와 지표들간의 상관성을 토대로 현장에서 신속하게 활어의 품질을 측정할 수 있도록 Fruit hardness tester를 이용하여 현장에서 신속, 정확한 품질측정 방법을 검토하였다.

나. Luminometer를 이용한 품질판정

Luminometer을 이용하여 활어의 근육에서 ATP 함량을 측정하고 이를 통하여 AEC 수치를 도출해냄으로서 활어 근육의 품질판정에 적용시켜 신속한 품질판정이 가능한지를 검색하였다.

Ⅳ. 연구 개발사업 결과 및 활용에 대한 건의

1. 연구 개발사업 결과

가. 양식산 활어의 품질지표 설정

1) 실험수조의 설계, 제작 및 시험

본 실험의 용도에 적합한 실험수조의 제작은 일반 사육수조와 운동사육수조로 나누어 제작하였으며, 수조 내에 파이프와 수중모터를 이용하여 해수의 유속을 변환시킬 수 있도록 하였다. 그리고 수조, 여과조, 여과기, 냉각기, 히터봉, 에어스톤이 연결된 A.C 브로아, 일정한 유속을 위한 수중펌프, 여과조의 여과된 해수를 냉각기로 보내기 위한 펌프, 각종 수조 기자재를 제어하기 위한 컨트롤 박스로 구성하였다.

2) 물리·화학적 방법에 의한 활어근육의 품질판정 지표 검색 및 설정

가) 활어의 운동사육조건 설정

참돔을 운동사육수조에 넣고 수조 내의 유속을 0.1 m/s, 0.3 m/s, 0.5 m/s, 0.7 m/s로 조절하여 20일 동안 하루 6시간 운동시키면서 활어 근육의 파괴강도를 조사한 결과, 유속이 0.5m/s까지 상승시켰을때 파괴강도가 증가하였으나, 그 이상에서는 유의적인 증가를 보이지 않아, 적정 유속은 0.5 m/s로 나타났다.

나) 운동사육유무 및 운동횟수에 따른 활어 근육의 물리, 화학적 변화

해수의 유속을 0.5m/s로 고정하고 운동사육시킨 그룹과 운동을 시키지 않은 참돔그룹으로 나누어 근육의 변화를 살펴본 결과, 운동사육을 시킨 것이 비운동그룹에 비하여 수분함량은 증가하고, 지방은 감소하였다. 지질조성에 있어서는 운동사육시킨 것이 비운동그룹에 비하여 극성지질은 변화가 없었으나, 비극성지질은 감소되는 경향을 나타내었다. 활어의 근육 중 운동사육기간 중 콜라겐의 함량은 큰 변화를 나타내지 않았으나, 파괴강도는 운동사육시킨 것에서 현저히 증가하여 비운동그룹에 비하여 유의적인 차이를 나타내었다. 한편, 운동사육을 일일 1회 6시간, 그리고 각 3시간씩 2회 시킨 그룹으로 나누어 근육의 변화를 살펴보았을때, 수분함량은 운동시킨 것이 비운동그룹에 비하여 증가되었으며, 또한 일일 2회 시킨 것이 1회 운동시킨 것에 비하여 함량의 증가폭이 많았다. 또한 하루 1회 운동시킨 활어는 지질함량의 감소율이 2회 운동시킨 참돔보다는 작았지만, 1회 운동시킨 참돔과 마찬가지로 운동기간동안 지질은 감소하였으며, 운동 5일이후에는 지질의 함량은 큰 유의차가 없었다($p<0.05$). 그러므로, 운동기간과 지질의 상관관계는 음의 기울기를 가지고 있으며, 2회 운동시킨 참돔이 1회 운동시킨 참돔보다 지질의 감소율이 큰 것으로 확인되었으며, R^2의 값이 2회 운동시킨 참돔은 0.83으로 운동기간과 지질함량은 밀접한 관계를 가지고 있었다($p<0.05$). 콜라겐의 함량은 운동횟수와 큰 상관없이 운동기간동안 큰 증가를 보이지 않고 있으며, 운동 5일째에는 콜라겐의 함량이 약간 감소하였다. 운동 유무 및 횟수에 관한 연구에서 사용된 참돔의 각 지표들의 상관성을 살펴본 결과, 파괴강도는 수분함량($p<0.05$, $r=0.66$)과 지질함량($p<0.05$, $r=0.64$)에 의한 상관성

이 크게 나타났으며 콜라겐함량과의 상관성이 작게 나타났다($p>0.05$, $r=0.23$).

다) 사료조성의 차이에 따른 활어 근육의 물리, 화학적 변화

동일어미로부터 분양받은 참돔을 양식장으로부터 구입하여 약 2주일간 수조와 사료에 순치시킨 후 저지방식이 그룹과 고지방식이 그룹으로 나누어 각각 조성이 다른 사료를 급이하면서 사료의 차이가 근육의 물리·화학적 특성 변화에 미치는 영향을 조사한 결과, 수분함량은 사육 15일 이후부터 고지방 사료를 투여한 사육구가 저지방 사료를 투여한 사육구보다 수분함량이 낮게 나타났다. 지질함량은 45일 이후, 고지방 사육구는 일정 수준의 지질함량을 유지하지만 저지방 사육구는 감소하기 시작하여 75일부터 일정 수준을 유지하였다. 단백질 함량과 회분의 함량은 고지방 및 저지방 사육구에 있어서 뚜렷한 차이를 보이지 않았다. 고지방 및 저지방 사료를 섭취시킨 사육구의 콜라겐 함량은 사육기간 중 뚜렷한 차이를 보이지 않았으며, 근육의 파괴강도는 저지방 사육구에서는 증가하는 반면에 고지방 사육구는 일정한 파괴강도를 유지하고 있었다. 사료의 지질함량 차이에 따른 활어 근육에 미치는 물리, 화학적인 요인의 변화의 상관성을 살펴본 결과, 파괴강도는 수분함량($p<0.05$, $r=0.88$)과 지질함량($p<0.05$, $r=0.78$)에 의한 상관성이 크게 나타났으며 단백질 및 회분함량과는 상관성이 없게 나타났다($r=0.09$, $r=0.18$). 콜라겐함량과의 상관성이 작게 나타났다($p>0.05$, $r=0.23$).

라) 어체의 크기에 따른 활어 근육의 물리, 화학적 변화

활어의 크기를 0.7~0.9 kg, 1.0~1.2 kg, 1.5~1.7 kg의 3구간으로 나누어서 각 지표성분을 조사하여 어체의 크기에 따른 근육의 물리, 화학적 차이를 조사하였다. 어체 크기와 수분 및 지방함량간의 상관성을 살펴보면, 각 개체에 대한 수분함량은 차이가 있으나, 크기에 따른 유의적 차이는 보이고 있지 않았다. 근육의 파괴강도에 있어서도 어체 크기에 따른 차이는 나타나지 않았다. 어체 크기에 따른 각 성분의 상관성을 보면, 크기에 따른 수분, 지질, 콜라겐함량 및 파괴강도는 상관성이 없었다($p>0.05$). 그러나 파괴강도와 수분, 지질, 콜라겐함량은 상관성이 있었다($p<0.05$).

마) 어종에 따른 각 품질지표들 간의 상관성 비교

양식산 활어의 품질판정을 위한 물리, 화학적인 지표로써 파괴강도값과 상관성을 가지는 수분, 지질, 콜라겐 함량을 어종별에 따라 각 성분의 상관성을 살펴보았다. 농어의 경우에는 파괴강도와 수분, 지질, 콜라겐함량간의 상관성은 유의적인 차이를 가진 것으로 나타났다. 수입산 농어 역시 거의 유사하게 각 품질지표들 간에 상관성을 나타내었으나, 농어의 결과보다는 파괴강도와 수분, 지질함량간의 상관성이 높게 나타났으며, 콜라겐 함량과의 상관성은 다소 낮았다. 그러므로 품질지표의 기준으로 선정된 파괴강도값이 수분, 지질함량간의 높은 상관성으로 나타내고 있으며, 이들 값을 이용하여 적용한다면 현장에서 간단히 양식산 활어의 품질 판정이 가능할 것으로 판단된다. 양식산 숭어는 파괴강도의 수분의 상관계수는 0.81, 파괴강도와 지질함량간의 상관계수는 0.72, 파괴강도와 콜라겐의 상관계수는 0.64를 보여주고 있으며, 파괴강도가 수분, 지질, 콜라겐과의 유의적인 상관성을 가진다. 조피볼락의 경우에도, 앞에서 언급된 바와 같이 파괴강도와 수분, 지질, 콜라겐이 유의적인 차이를 나타내었다. 수입산과 자연산 참돔에서도 품질판정 지표간의 높은 상관성을 나타내었다. 양식산 넙치의 품질판정을 위하여 조사된 근육의 물리, 화학적인 품질지표 간의 상관성을 살펴보았을때, 어체 크기를 제외하고 모두 상관관계를 가지는 것으로 나타났으며, 그 상관계수는 각각 0.711, -0.692, 0.713로 나타났다($p<0.05$). 더불어 콜라겐함량은 수분함량과는 양의 상간성을 지질함량과는 음의 상관성을 나타내고 있었다($p<0.05$). 따라서 수분, 지질, 콜라겐함량 및 파괴강도 등은 품질 지표로서 사용이 가능하다고 생각된다.

3) 효소·화학적 방법에 의한 활어근육의 품질판정 지표 검색 및 설정

가) 운동사육 유무 및 운동횟수에 따른 활어 근육의 효소·화학적 변화

운동 사육시킨 활어와 비운동 사육시킨 활어에 있어서 ATP 관련 화합물과 adenylate energy charge(AEC)의 변화를 살펴보았다. ATP 관련화합물의 함량은 운동유무에 따라서 유의적인 변화를 나타내지 않았으며, AEC 수치 역시 평균적으로 운동 사육구에서 0.88±0.04, 비운동 사육구에서 0.89±0.02으로 비슷한 수준이었다. 근원섬유의 Mg^{2+}-ATPase 활성은 운동 사

육구에서 운동기간이 증가할수록 ATPase 활성이 증가하였으나, 비운동 사육구에서는 큰 차이를 보이지 않았다. ATPase 활성은 운동사육 기간에 따라 약간의 차이는 보이고 있으나, 참돔을 즉살시킬 때 작용할 수 있는 요인들이 근수축에 관여하여 actin과 myosin이 actomyosin의 결합으로 발생하는 장력이 ATPase 활성을 높이거나 낮추기 때문에 객관적인 품질지표로 설정하기에는 부적합한 것으로 판단되었다. 한편, 운동사육 시, 1일 2회 운동시킨 그룹과 1회 운동그룹으로 나누었을 때 ATP 관련 화합물의 함량은 유의적인 차이가 없었으나, AEC는 활어를 운동을 시킨 후 회복을 시키지 않고 바로 측정하였을 때, 낮은 수치를 나타내었다. 본 실험에서 ATP 관련 화합물이나 ATPase 활성, AEC 수치를 활어의 품질지표로의 적합성을 조사하였으나, ATP 관련 화합물과 ATPase 활성은 어체의 생리조건, 치사조건, 죽기직전의 운동량, 저장조건에 따라 심한 차이를 보이고 있으므로 객관적 지표로 사용하기 힘들다. AEC 수치는 환경 및 물리적 스트레스에 대하여 생체 기관의 물질대사 평가가 지표로 사용됨에 따라 근육의 스트레스 정도를 판단하여 활어의 건강 상태를 측정하는 객관적 지표로 사용가능하다고 판단된다.

나) 사료조성의 차이에 따른 활어 근육의 효소, 화학적 변화

고지방 및 저지방 사육구의 ATP 관련화합물 및 AEC를 살펴보면, 저지방 사육구는 사육기간에 따라서 활어의 건강도는 큰 문제가 없었다. 그러나 고지방 사육구는 60일 이후부터 ATP 함량과 AEC가 낮게 나타났다.

다) 어체 크기에 따른 활어 근육의 효소·화학적 변화

어체 크기에 따른 ATP 관련화합물의 변화는 유의적인 차이가 없었으며, AEC 수치도 별 영향을 받지 않았다.

라) 어종에 따른 활어 근육의 효소·화학적 변화

농어와 수입산 농어, 숭어, 조피볼락, 참돔과 수입산 참돔 및 넙치에 있어서 어종에 따른 ATP 관련화합물의 함량 및 AEC 수치의 차이를 조사한 결과, ATP의 함량은 국내산 어종 간에 유의적인 차이는 없었으나, 수입산과 비교하였을때는 다소 차이가 있었으며, 수입산이 낮은 경향을 나타내었다.

AEC 수치는 모든 어종에서 일정수준 이상을 나타내어 어종에 따라서 유의적인 차이가 없었으며, 이것은 대상시료로 한 활어가 모두 건강하였기 때문이라고 생각된다.

나. 어종에 따른 품질지표의 적용 및 수식화

1) 참돔

가) 국내 양식산

참돔에 대한 물리, 화학적 및 효소적 방법을 이용한 근육의 품질판정 지표로써 수분함량, 지질함량 그리고 콜라겐 함량 등을 살펴보았으며, AEC 수치로써 건강도를 측정하였다. 이러한 지표들을 이용하여 양식산 활어의 품질에 가장 큰 요인으로 작용하는 파괴강도와의 상관관계로서 방정식을 구하였으며, 여기에 AEC 수치를 종합하여 품질에 따른 grouping을 실시하여 Figure로 나타내었다. 방정식은 파괴강도(Y), 수분함량(X_1) 그리고 지질함량(X_2)간의 다중회귀분석을 SAS를 통하여 실시하였으며 파괴강도 방정식은 다음과 같다.

$$Y=-2.53539+0.05544X_1-0.00161X_2$$

나) 수입산

수입산 참돔의 품질판정을 위하여 조사된 근육의 체성분간의 상관성을 피어슨 상관계수로 나타내었다. 수분함량과 지질함량, 콜라겐함량, 파괴강도의 상관성을 살펴보면 수분함량과 지질함량은 음의 상관관계로 나타났다. 또한 지질함량과 콜라겐함량, 파괴강도는 음의 상관관계로 나타났다. 나머지 각 성분들의 상관관계는 양의 상관관계로 나타났다. 수입산 참돔의 각 성분들은 유의적 차이가 나타나고 있었다($p<0.05$). 이 결과를 이용하여 파괴강도(Y), 수분함량(X_1), 지질함량(X_2), 콜라겐함량(X_3) 간의 다중회귀분석을 SAS를 통하여 실시하였으며 파괴강도 방정식은 다음과 같다.

$$Y=-1.5845+0.0394X_1-0.0293X_2+0.0530X_3$$

다) 국내 자연산

자연산 참돔의 품질지표 결과를 이용하여 파괴강도(Y), 수분함량(X_1), 지질함량(X_2), 콜라겐함량(X_3) 간의 다중회귀분석을 SAS를 통하여 실시하였으며 파괴강도 방정식은 다음과 같다.

$$Y=-3.6708+0.0707X_1-0.0730X_2+0.0215X_3$$

2) 농어

가) 국내 양식산

양식산 농어의 품질판정을 위하여 조사된 근육의 체성분간의 상관성을 피어슨 상관계수로 나타내었다. 수분함량과 지질함량, 콜라겐함량, 파괴강도의 상관성을 살펴보면 수분함량과 지질함량은 음의 상관관계로 나타났다. 지질함량과 콜라겐함량, 파괴강도 또한 음의 상관관계로 나타났다. 나머지 상관관계는 양의 상관관계로 나타났다. 수분함량, 지질함량, 콜라겐함량, 파괴강도는 유의적 차이가 있었다($p<0.05$). 이 결과를 이용하여 파괴강도(Y), 수분함량(X_1), 지질함량(X_2), 콜라겐함량(X_3) 간의 다중회귀분석을 SAS를 통하여 실시하였으며 파괴강도 방정식은 다음과 같다.

$$Y=-0.7796+0.0352X_1-0.0093X_2+0.0821X_3$$

나) 수입산

수입산 농어의 품질판정을 위하여 조사된 근육의 체성분간의 상관성을 피어슨 상관계수로 나타내었다. 국내산 농어와 비슷하게 수입산 농어에서도 수분함량과 지질함량, 지질함량과 콜라겐함량 및 파괴강도는 음의 상관관계로 나타내었으나, 나머지 모든 성분간의 상관관계는 양의 상관관계로 나타났다. 수분함량, 지질함량, 콜라겐함량, 파괴강도 모두 유의적 차이가 있었다($p<0.05$). 그러나 지질함량보다는 콜라겐 함량에 상관성이 높은 것이 수입산 농어의 특징이었다. 이 결과를 이용하여 파괴강도(Y), 수분함량(X_1), 지질함량(X_2), 콜라겐함량(X_3) 간의 다중회귀분석을 실시하여 방정식을 구하였다.

$$Y=-1.8857+0.0460X_1+0.0081X_2+0.0565X_3$$

3) 숭어

숭어의 수분함량과 지질함량, 콜라겐함량, 파괴강도의 상관성을 살펴보면 수분함량과 지질함량은 음의 상관관계로 나타났다. 또한 지질함량과 파괴강도는 음의 상관관계로 나타났다. 나머지 상관관계는 양의 상관관계로 나타나고 있었다. 콜라겐함량과 수분함량, 지질함량은 유의성이 없게 나타났다($p>0.05$). 나머지 각 성분들은 유의성이 나타났다($p<0.05$). 이 결과를 이용하여 파괴강도(Y), 수분함량(X_1), 지질함량(X_2), 콜라겐함량(X_3) 간의 다중회귀분석을 SAS를 통하여 실시하였으며 파괴강도 방정식은 다음과 같다.

$$Y=2.3232-0.0100X_1+0.0447X_2+0.0982X_3$$

4) 조피볼락

조피볼락의 품질판정을 위하여 조사한 결과를 이용하여 파괴강도(Y), 수분함량(X_1), 지질함량(X_2), 콜라겐함량(X_3) 간의 다중회귀분석을 SAS를 통하여 실시하였으며 파괴강도 방정식은 다음과 같다.

$$Y=6.12191-0.0574X_1-0.1395X_2+0.1345X_3$$

5) 넙치

넙치의 품질판정을 위하여 조사한 결과를 이용하여, 파괴강도(Y), 수분함량(X_1), 지질함량(X_2), 콜라겐함량(X_3) 간의 다중회귀분석을 SAS를 통하여 실시하였으며 파괴강도 방정식은 다음과 같다.

$$Y=-3.0670+0.0561X_1+0.0561X_2-0.0116X_3$$

다. 신속, 정확한 양식산 활어의 품질판정 기술의 검토

이상의 모든 결과로부터 활어의 품질에 가장 영향을 주는 지표로써, 파괴강도를 선정하였으며, 선정된 파괴강도 값에 영향을 주는 물리·화학적 인자로써 수분, 지질 함량 그리고 일부어종에서는 콜라겐 함량이라는 것을 확인할 수 있었다. 또한, 활어의 건강상태가 나빠지거나 스트레스를 받게 되면,

활어 근육중의 에너지원인 ATP 함량의 변화로 인하여 AEC값이 변화가 된다. 그러나 이들 지표들을 현장에서 바로 사용하기에는 용이하지 않다. 따라서 본 장에서는 현장에서 간단히 측정할 수 있도록 품질판정 지표로 선택된 파괴강도와 AEC값을 얻기 위해서 과일경도계와 휴대용 Luminometer를 이용하여 보다 신속, 정확한 판정방법을 확립하고자 하였다.

1) 과일경도계(Fruit hardness tester, FHM-1)에 의한 품질판정 방법

과일경도계(Fruit hardness tester)는 과일의 경도는 성숙해가면서 감소하고 수확기에 이르러 최저의 경도치를 나타낸다. 과일 경도계는 그 성숙의 정도를 확인하는데 사용되며 과일표면의 기계적 압력에 대한 저항력을 수치적으로 표시해 놓은 것이다. 이 장치의 특징은 휴대성이 우수하며, 측정이 간단하는 점을 감안하여 활어의 근육에 직접적으로 사용하여 파괴강도값이 측정유무와 실제 물성측정기에 측정한 값과 적합성을 확인하고자 하였다. 그러므로 현장에서 바로 활어의 표피를 제거하고, 활어의 등육을 필렛(fillet)하여 과일경도계와 레오 미터를 사용하여 파괴강도를 측정하여 보았다. 그 결과, 아래 그림과 같이 과일경도계와 레오미터로 측정한 두 값의 상관성이 0.90으로 활어 근육의 파괴강도 측정에 과일경도계의 사용이 가능할 것으로 판단되며, 이를 이용할 경우, 샘플을 무작위로 추출하여 평균값을 등급화 기준에 이용하는 것이 적합하다고 판단된다.

2) 루미노메타(Lumitester, PD-10)에 의한 품질판정 방법

Lumitester는 모든 생물의 생체에너지원인 ATP가 루시페린이라는 반딧불이의 발광물질과 반응할 때 발생하는 빛의 강도를 측정해 미생물의 존재여부를 알 수 있게 해주는 장치이다. 이 장치는 검사기간이 대단히 신속하고 휴대할 수 있으므로 현장에서 바로 사용이 가능하다. 이 장치를 이용하여 활어의 근육에서 ATP 함량을 측정하여 활어 근육의 품질판정에 적용시켜 신속한 품질판정이 가능한지를 검색하였다. 그림은 품질지표인 AEC값과 ATP 함량간의 상관성을 나타낸 것으로, 두 값들에 대한 상관관계를 이용하여 $Y=0.0022X^3-0.047X^2+0.3252X+0.1743$ 이라는 관계식을 얻을 수 있었다 ($r=0.89$). 이 식을 이용하여 루미노메타에서 측정된 ATP 함량을 이용하여 활어의 건강상태인 AEC값을 얻을 수 있을 것이다. 민락동 소재 계류장에서 참

돔을 50미를 무작위로 구입하여 루미노메타를 이용하여 ATP함량을 측정하여 AEC 값을 구하였으며, HPLC를 이용한 AEC값과의 일치성을 확인할 있었다. 그 결과, 실제 HPLC를 이용한 AEC값과 루미노메타를 이용한 값과의 상관성은 매우 높았으며, 루미노메타를 이용한 활어의 건강도를 측정가능성을 확인할 수 있었다.

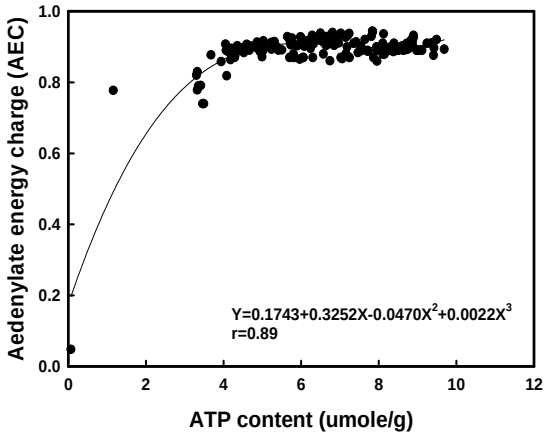


Fig. 1. Plot ATP content and adenylate energy charge (AEC).

2. 활용에 대한 건의

활어 유통시장 및 생선횟집에서 횟감용 활어의 가격은 대부분 활어의 중량으로 결정되고 있기 때문에, 양식장에서는 활어의 품질을 우수하게 만들기보다는 비만도를 증대시키게끔 사육을 하고 있다. 그러나 본 연구가 수행됨으로서 국내에서 생산되는 활어 및 수입산 활어의 품질을 평가할 수 있는 방법을 개발하고, 평가기준을 제시함으로서, 국내 활어시장에서 활어의 품질평가에 의한 가격차별화로 양식산 활어의 유통질서의 질서를 확립하고 품질향상을 유도함과 동시에 나아가 수입활어에 대한 경쟁력을 강화할 수 있다. 그리고 활어의 품질경쟁력 확보를 통하여 양식활어의 품질을 증대시켜 높은 가격을 받을 수 있고, 수입산 활어에 대한 경쟁력을 확보함으로서 양식어민들의 소득증대에 기여하고 아울러 양식업계, 생선회와 관련한 산업 및 우리나라에서 생선회의 유통 및 국제화를 위한 저변기술의 확보가 가능할 것으로 판단된다.

Summary

Fish culture was started in 1980's and cultured fish species and production amount has been increased on continuous development of aquaculture technology, in Korea. Cultured fish was marketed in living state in our country. Meanwhile, the price of living fish was decided to weight, not to quality. This study was to establish indices for quality judgment of cultured living fish and to develop fast and accurate quality judgment methods.

For quality judgment in cultured living fish, we investigated to physicochemical indices such as moisture, lipid, collagen content and breaking strength, and enzymatic indices such as ATP related compounds, Adenylate energy charge (AEC) value and myofibrillar ATPase activity. Breaking strength, moisture and lipid contents of physicochemical items tested, reflected effectively fish muscle quality. Breaking strength in fish muscle were correlated with moisture and lipid content. Moisture content (X_1), lipid content (X_2) and breaking strength (Y) were optimized with multiple regression as, $Y=-2.53539+0.05544X_1-0.00616X_2$. To test the equation, fishes were randomly purchased and measured moisture content, lipid content and breaking strength. The calculated breaking strength using the equation was similar to breaking strength measured using Rheometer. The equation for breaking strength of muscle differed from fish species, and reflected well muscle quality in fish. AEC value of enzymatic items tested, reflected effectively the condition of fish's health. AEC values, represented a general enzymatic index against stress were higher than 0.8 in good fish's condition.

The calculated breaking strength from quality judgment equation by fish species and AEC value were used to quality grading of cultured fishes. Grade according to breaking strength in red seabream, when it came to over 1.4㎏, was measured as high grade ; when it came to below 1.2㎏, was

measured as low grade. Grade according to AEC, when it came over 0.8, was measured as high grade. For the development of fast and accurate quality judgment methods, the application of fruit hardness tester and luminometer were investigated. The quality judgment by fruit hardness tester and luminometer in cultured fish were similar to the results by rheometer and HPLC.

CONTENTS

Chapter Ⅰ Preface

Purpose, Necessity and bounds of this study

Chapter Ⅱ Result

Section Ⅰ Indices establishment of quality judgment in cultured fish

A. Introduction

B. Materials and Methods

1. Materials

2. Methods

C. Results and Discussion

1. Production of fish movement tank

2. Quality indices by physicochemical methods

a. Establishment of movement speed

b. Presence or/not fish movement

c. Movement times

d. Diet ingredients

e. Fish weight

f. Correlation between each index by fish species

3. Quality indices by enzymatic methods

a. Presence or/not fish movement

b. Movement times

c. Diet ingredients

d. Fish weight

e. Correlation of each index by fish species

Section Ⅱ Application and formulation of quality indies by fish species

A. Introduction

B. Materials and Methods

C. Results and Discussion

1. Red seabream

2. Seabass

3. Mullet

4. Korean rockfish

5. Olive flounder

Section Ⅲ Development of fast and accurate quality judgment method

A. Introduction

B. Materials and Methods

C. Results and Discussion

1. Application of Fruit hardness tester

2. Application of Luminometer

3. Conclusions

Chapter Ⅲ Attainment of study's goal and application

Section Ⅰ Attainment of study's goal

A. Goal

B. Attainment and evaluation

C. Contribution

Section Ⅱ Attainment of study's result

A. Application province

B. Overall application

C. Application to the other project

Chapter Ⅳ References

목 차

제 1장 연구개발과제의 개요 ····· 24

제 1절 연구개발의 목적 ····· 24

제 2절 연구개발의 필요성 ····· 25

1. 기술적 측면 ····· 25

2. 사회·문화적 측면 ····· 26

3. 경제·산업적 측면 ····· 26

제 3절 연구개발의 범위 ····· 27

1. 양식산 활어의 품질판정 지표의 설정 ····· 27

2. 어종에 따른 품질판정지표의 적용 및 수식화 ····· 28

3. 신속, 정확한 양식산 활어의 품질판정 기술의 검토 ····· 29

제 4절 국내외 기술개발 현황 ····· 29

1. 관련기술의 현황 ····· 29

2. 앞으로의 전망 ····· 30

제 2장 연구 개발수행 내용 및 결과 ····· 31

제 1절 양식산 활어의 품질 지표설정 ····· 31

1. 서론 ····· 31

2. 재료 및 방법 ····· 32

가. 원료어 ····· 32

나. 실험방법 ····· 33

3. 결과 및 고찰 ····· 40

가. 운동수조의 설계 및 제작 ····· 40

나. 물리, 화학적 방법에 의한 품질지표의 설정 ····· 47

(1) 운동수조의 적정 유속 설정 ····· 47

(2) 운동유무에 따른 근육의 물리, 화학적 변화 ····· 49

(3) 운동횟수에 의한 근육의 물리, 화학적 변화 ····· 57
(4) 사료조성의 차이에 따른 근육의 물리, 화학적 변화 · 67
(5) 어체 크기에 따른 근육의 물리, 화학적 변화 ····· 78
(6) 어종에 따른 각 지표물질의 상관성 비교 ····· 84
다. 효소, 화학적 방법에 의한 품질지표의 설정 ····· 98
(1) 운동유무에 의한 효소·화학적 변화 ····· 98
(2) 운동횟수에 따른 효소·화학적 변화 ····· 102
(3) 사료조성의 차이에 따른 효소·화학적 변화 ····· 105
(4) 어체 크기에 따른 효소·화학적 변화 ····· 105
(5) 어종에 따른 효소·화학적 변화 ····· 109

제 2절 어종에 따른 품질지표의 적용 및 수식화 ····· 117
1. 서론 ····· 117
2. 재료 및 방법 ····· 117
가. 통계처리 ····· 117
나. 원료어 ····· 117
3. 결과 및 고찰 ····· 118
가. 참돔 ····· 118
나. 농어 ····· 140
다. 숭어 ····· 154
라. 조피볼락 ····· 161
마. 넙치 ····· 168

제 3절 신속정확한 양식산 활어의 품질판정 기술의
검토 ····· 175
1. 서론 ····· 175
2. 재료 및 방법 ····· 175

가. 과일경도계에 대한 파괴강도 측정 ····· 175
나. 루미노메타에 의한 ATP 측정 ····· 176

3. 결과 및 고찰 ····· 176
가. 관능평가에 의한 활어의 품질판정 ····· 176
나. 과일경도계에 의한 활어의 품질판정 ····· 179
다. 루미노메타의 적용 ····· 182

제 3장 연구목표 달설도, 기여도 및 활용계획 ····· 188
제 1절 연구개발 목표의 달성도 및 기여도 ····· 188
1. 연구개발 목표 ····· 188
2. 연구개발 목표의 달성도 및 평가 ····· 189
3. 산업발전에의 기여도 ····· 181

제 2절 연구개발결과의 활용계획 ····· 191
1. 연구결과별 활용가능영역 ····· 191
2. 연구성과 활용 총괄 ····· 192
3. 타 연구개발사업에의 활용 ····· 193

제 4장 참고문헌 ····· 195

제 1 장 연구개발과제의 개요

제 1절 연구개발의 목적

양식산 활어는 양식방법에 따라 생선회로 소비되는 활어의 품질에 결정적인 영향을 미치므로 생산 초기부터 활어가 경쟁력 있는 품질을 가질 수 있도록 생산되어야 한다. 우리나라에서 어류의 양식현황은 대부분 육상수조나 해상가두리에서 고밀도로 사료를 과잉공급 하면서 사육되고 있는데, 이와 같은 방식에 의하여 사육된 어류는 우수한 품질을 지니기 어렵다. 최근의 연구결과는 양식어류도 적당히 운동시키거나 사료의 질을 개선하면 그 품질이 자연산 어류에 뒤떨어지지 않는다는 것을 밝히고 있으며, 양식산 활어의 품질에 영향을 미치는 요소로서는 수온과 같은 환경요인, 운동 등의 물리적 요인 및 먹이의 질이다. 현재 우리나라의 양식업자들도 이러한 것을 알고 있으며, 모 양식업자나 어촌계에서는 실제로 질 좋은 넙치나 우럭을 생산하기 위하여 많은 노력을 기울이고 있으며, 우수한 품질을 가진 활어가 값싼 중국산이나 일본산 활어에 비하여 충분한 경쟁력을 가질 수 있을 것이다. 그러나 대부분의 양식업자들은 이러한 사실을 알고 있음에도 그렇게 하기 어려운 것은 그들이 어가 경영을 책임지고 있기 때문이며, 우수한 품질의 활어에 높은 가격이 형성되지 않고 무게가 많이 나가는 활어의 가격이 비싼 우리나라의 활어 가격체계에 문제가 있기 때문이다.

우리나라에서 횟감용 활어의 가격은 품질로서 그 가격이 결정되는 것이 아니라 어류의 무게로서 가격이 매겨진다. 그러므로 양식업자가 좋은 품질을 가진 넙치나 우럭을 생산하여도 살만 찌운 어류에 비하여 높은 가격을 받는 것이 아니라, 같거나 더 못한 가격을 받기 때문에 애써 우수한 품질의 활어를 생산하려 하지 않으며, 이것이 가장 문제가 되는 것이다. 제대로 된 품질을 지닌 활어가 높은 가격을 받아야 만 우리나라의 양식업자들이 좋은 활어 생산에 심혈을 기울일 것이지만 현실은 그러하지 못하므로, 어가 수익증대를 위하여 대부분 사료로서 정어리, 오징어 등 지방함량이 높은 사료(지방을 많이 섭취하면 중량이 급속히 증가하여 어류의 성장속도가 빨라지고 출하도 빨리 할 수 있으므로)나 값싼 사료를 사용하게 되며, 또한 폐쇄된 공간 내에서 고밀도로 사육하게 되는 것이다. 그러므로 하루 빨리 활어의 가격이 품질에 근거하여 이루어져야 이와 같은 문제점이 개선될 것으로 판단된다.

활어의 가격이 품질을 기준으로 지급되어야 상기에서 언급된 사항들이 개선될 것이지만, 아직까지 우리나라에서 활어의 품질을 평가할 수 있는 지표나 기준은 마련되어 있지 않다. 그러므로 먼저 활어의 품질을 과학적으로 그리고 수치로서 평가할 수 있는 기준이 마련되어야 하며, 그러기 위해서는 활어의 품질을 판정할 수 있는 지표(indicators)를 먼저 결정하여야 한다. 생선회로 이용되는 활어 근육의 품질을 평가할 수 있는 indicators를 정한 다음, 이들에 의하여 기준치를 설정함으로서 활어 근육의 품질을 객관적으로 평가하고, 또 등급화 하여야 할 것이다. 최종적으로 활어의 가격은 활어의 품질을 등급화하고 여기에 중량 단위를 병행하여 결정하여야 할 것으로 판단된다.

따라서 본 연구에서는 활어의 품질을 평가할 수 있는 indicator를 여러 가지 방법으로 검색 개발하고, 설정된 indicator 들의 적합성을 검토한 다음, 품질을 평가할 수 있는 기준을 설정하고, 이 기준을 토대로 활어 근육의 품질을 등급화 하고자 한다.

제 2절 연구개발의 필요성

1. 기술적 측면

육의 품질 등급에 관한 제도는 다른 나라에서도 소, 돼지 등 축산물에 한하여 시행하고 있으며, 품질판정을 위한 기준도 육의 색깔, 투명도, 근내 지방도, 조직감, 성숙도 및 연화도 등을 선택하고 있으며 이외에, 육의 보수력, pH, 색소, 전단응력, 단백질 추출성 등의 항목을 연구하고 있는 실정이다. 그러므로 이들 항목을 축육과는 완전히 다른 생선횟감으로 사용되는 활어의 품질을 평가하여 등급을 나누는데 응용한다는 것은 불가능하다. 한편, 세계에서 생선회를 가장 즐기는 일본에서도 활어의 품질판정에 대한 연구는 전혀 이루어져 있지 않다. 그것은 일본의 생선회 문화가 우리나라와는 상당한 차이가 있기 때문이다. 즉, 우리 국민들은 생선회를 먹을 때에 근육의 단단함(씹힘성)에 중점을 두고 먹는 펄떡펄떡 뛰는 활어회(活魚鱠) 문화 - 씹힘성 문화인 반면에, 일본은 씹힘성 보다는 혀로 느끼는 미각에 중점을 두는 선어회(鮮魚鱠) - 미각의 문화이므로 일본에서 사용하고 있는 미각에 중점을 두는 지표를 도입하더라도 우리나라에는 적합하지 않다. 따라서 활어의 품질판정 기술은 우리나라에서 독자적으로

개발하지 않으면 안 된다.

국내에서 생선회에 관한 연구는 당 연구실을 중심으로 수행된 연구가 많으며, 지금까지 수행된 연구의 대부분은 생선회의 사후 조기 변화, 생선회의 육질 향상의 방법과 단백질 차원에서의 해명 및 생선회의 수송에 관한 연구 등으로 30여 편의 논문이 발표되었다. 그러나 이들은 대다수는 활어의 품질판정에 관한 기초연구에 불과한 실정이며, 활어의 품질 판정 방법을 개발하기 위해서는 체계적인 연구가 필요하다. 그리고 국내의 타 연구기관에서 활어에 관한 연구는 주로 양식기술 개발의 측면에서 많이 이루어졌기 때문에 품질판정과는 전혀 무관하다.

활어의 품질판정 기술개발은 몇 가지 단계로 나누어 체계적으로 추진되어야 한다. 첫째, 활어에 있어서 품질을 판단할 수 있는 지표의 개발이 우선 필요한 요소이다. 그러기 위해서는 기존의 생선회에 대한 연구결과를 검토하여 단백질 측면에서 품질과 직결될 수 있는 지표를 검토, 확인하고 이를 생선회의 조직감과 비교함으로서 각각의 factor들 간의 상관성이 분명히 입증되어야 한다. 둘째, 활어의 건강·생리적 측면에서 활어의 활력도에 대한 factor를 검토함으로서 생선회로서 뿐만 아니라 어류 자체에 대한 사항을 함께 고려하여야 한다. 셋째, 확립된 지표들을 품질에 영향을 줄 수 있는 여러 가지 인자들에 대하여 적용시킴으로서 품질 판정 indicator를 개발하고, 이들 indicator에 대한 응용실험을 수행하여야 한다. 넷째, 시중에 유통되는 활어에 대한 시험을 하여 품질 등급 기준을 제시하고, 마지막으로 이들 indicaor들 간의 상관성 분석 및 수학적 module을 통하여 수식화함으로서 간편하게 품질을 판정할 수 있는 방법을 제시하여야 할 것이다.

2. 사회·문화적 측면

우리 국민들의 식생활 패턴은 상당히 서구화되어서 즉석편리식품, 간편 조리식품 및 축산물 중심의 소비패턴으로 많이 기울어져 있으나, 최근 과도한 영양섭취에 따른 각종 질병의 만연 등으로 수산물에 대한 관심이 매우 증대되고 있다. 특히, 생선회의 건강기능성이 각종 매체를 통하여 널리 홍보되면서 우리의 생선회에 대한 관심이 그 어느 때 보다 고조되어 있다. 생선회는 세계에서 우리나라와 일본이 가장 많이 섭취하고 있지만, 일본의 생선회는 우리나라의 생선회 문화와 차이가 대단히 크다. 우리 국민들은 생선회를 먹을 때에 근육의 단단함(씹힘성)에 중점을 두고 먹는 펄떡펄떡 뛰는 활어회(活魚鱠) 문화인 반면, 일본

은 씹힘성 보다는 혀로 느끼는 미각에 중점을 두는 선어회(鮮魚鱠) 문화이기 때문이다. 그러므로 우리나라에서 품질 기준에 의하여 좋은 평가를 받은 활어로 양질의 생선회를 전 세계적으로 공급할 수 있다면 한국의 전통적인 음식문화 발전에 크게 기여할 것으로 사료된다.

3. 경제·산업적 측면

우리 국민들의 소득증가로 식생활이 변화함에 따라 생선회의 선호도가 엄청나게 증가하였으며, 수입산 활어의 무차별적인 공세에 대응하기 위해서는 품질이 우수한 국산 활어의 생산이 절실히 요구되고 있다. 2002년도 우리나라에서 유통되고 있는 수입산 활어의 비율은 전체 소비물량의 30%에 이르고 있어 국내 활어 생산 업자들의 경영난이 가중되고 있다. 그러나 현재와 같이 활어의 품질은 전혀 고려하지 않고 활어의 중량에 따라 가격을 산출하는 체계에서는 고급 육질을 가진 활어의 생산을 기대하기는 어렵다. 그러므로 현행의 중량을 기준으로 가격을 매기기보다는 활어의 품질에 따른 가격을 부여하는 시스템을 도입함으로서 고급 활어의 생산을 유도하고 양식 어류의 품질고급화를 통한 활어 수출을 증대하며, 횟감용 활어의 유통질서를 확보해야 할 것이다. 활어의 품질에 따른 가격 차등화 시스템 도입은 활어 생산자, 유통업자, 업소 및 소비자 모두가 신뢰하고 이익을 보장받을 수 있는 원천기술이 될 것으로 사료된다.

제 3절 연구개발의 범위

1. 양식산 활어의 품질판정 지표의 설정

우리나라에서 횟감용으로 양식하고 있는 활어에 대하여 품질지표를 설정하기 위하여, 먼저 활어의 실험사육수조를 제작하고, 제작한 수조에 대한 적합성 여부와 적정 사육조건을 검토하였다. 그리고 활어를 사육하면서 인위적인 force를 가하였을때 이에 따라 변화되는 품질의 변화를 먼저 조사하였다. 품질변화의 조사항목은 물리화학적 품질지표로서 근육의 breaking strength, 수분 및 지방함량, 콜라겐 함량, 지질의 조성 변화 등을 조사하였으며, 효소적 지표로서 ATP 관련물질의 함량, AEC (adenylate energy chargy) 수치, ATPase 활성을 조사하였다. 그리고 활어의 크기, 사료조성의 차이, 수입산과 국내산 활어, 자연

산과 양식산 활어에 대한 물리화학적 및 효소적 지표를 조사하였으며, 이로부터 활어의 품질지표를 설정하고자 하였다.

2. 어종에 따른 품질판정 지표의 적용 및 수식화

어종에 따라 설정된 품질지표를 적용하고 이를 수식화하기 위하여 농어 등 7개 양식산 활어를 시중에서 무작위로 구입하여 수분 및 지방함량, 콜라겐 함량 및 파괴강도 등의 물리, 화학적 지표와 AEC 등의 효소적 지표로서 활어의 품질판정을 실시하여 품질지표들의 적용 가능성을 검토하였으며, 시료로 사용한 활어에 대하여 방정식을 도출하고, 이 방정식으로 구한 품질과 실제의 품질을 비교함으로서 간단하게 수식화한 한 후, 이 값들을 기준으로 각 어종에 따른 품질의 grouping을 실시하였다.

3. 신속, 정확한 양식산 활어의 품질판정 기술의 검토

설정한 품질지표와 지표들간의 상관성을 토대로 현장에서 신속하게 활어의 품질을 측정할 수 있도록 Fruit hardness tester를 이용하여 현장에서 신속, 정확한 품질측정 방법을 검토하였으며, 또한, Luminometer을 이용하여 활어의 근육에서 ATP 함량을 측정하고 이를 통하여 AEC 수치를 도출해냄으로서 활어 근육의 품질판정에 적용시켜 신속한 품질판정이 가능한지를 검색하였다.

제 4절 국내외 기술개발 현황

1. 관련기술의 현황

본 연구에서 설계한 내용은 양식산 활어 근육의 품질을 평가하기 위한 지표설정에 관한 내용이며, 외국에서는 돼지고기 및 우육에 대한 품질평가 항목을 설정하기 위한 연구를 하고 있다. 그러나 돼지고기 육의 품질평가 내용은 육의 색깔, 투명도, 보수력, pH, 색소, 전단응력, 단백질 추출성 등의 내용이며, 이와 같은 평가항목이나 방법은 돼지는 도축 후 muscle이 사후 경직기를 거치면서 meat로 전환된 시점에서 meat를 평가하기 위한 것으로서, 이 기준을 생선회의 소재가 되는 활어에 도입하는 것은 도저히 불가능하다. 왜냐하면 생선회의 원료가 되는 육은 meat가 아닌 활어의 muscle 그대로의 상태이므로 같은 기준으로 평가할 수 없다. 그러므로 양식산 활어 근육의 품질을 판정하는 것은 육이 아닌 근육의 품질을 판정하는 것이기 때문에 외국에서 도입 가능한 기술이 없다. 한편, 생선회로 대표되는 일본은 우리나라와 식문화의 차이가 대단히 크다. 즉, 우리 국민들은 생선회를 먹을 때에 근육의 단단함(씹힘성)에 중점을 두고 먹는 펄떡펄떡 뛰는 활어회(活魚鱠) 문화 - 씹힘성 문화인 반면에, 일본은 씹힘성 보다는 혀로 느끼는 미각에 중점을 두는 선어회(鮮魚鱠) - 미각의 문화이므로 일본에서 사용하고 있는 미각에 중점을 두는 지표를 도입하더라도 우리나라에는 적합하지 않다. 따라서 본 연구에서 독자적으로 개발하지 않으면 안 된다.

Table 1-1. 관련기술의 수준 및 계량화

항 목	계량화	비 고
물리·화학적 방법에 의한 활어의 품질판정 기술	60%	본인의 연구실에서 활어의 육질평가와 관련하여 기초적인 연구가 수행되어 있으나, 이를 토대로 품질평가를 위해서는 양식산 활어에 대한 체계적인 검토 및 활어의 종류에 따른 data base화가 필요함
효소·화학적 방법에 의한 활어의 품질판정기술	50%	본인의 연구실에서 넙치에 대한 연구가 되어 있으나, 타 양식어종에 대한 data base화가 필요함
품질지표의 적용 및 수식화	20%	활어품질에 대한 data base를 근거로 하여 생물통계를 이용한 수식도출 방법을 전반적으로 검토되어야 할 것임

2. 앞으로의 전망

본 연구가 수행됨으로서 국내에서 생산되는 횟감용 양식활어의 품질을 등급화하고 현재와 같이 중량단위가 아닌 품질에 따른 가격체계를 도입함으로서 제대로 품질을 갖춘 활어에 비싼 가격이 매겨진다면, 활어를 생산하는 양식업자나 어촌계에서도 어류를 양식할 때 비만도 보다는 활어의 품질을 높이려 할 것이기 때문에, 결국 이것은 우리나라에서 양식되는 활어가 대외경쟁력을 구비하게 될 것으로 전망된다. 또한 양질의 횟감용 활어 생산을 유도함으로서 현재 년간 100,000여톤 생산되는 다량의 활어가 값싼 중국산이나, 일본산 등에 비하여 품질고급화를 통한 국내 활어시장의 점유율 상승 및 활어 수출을 증대시킴으로서 양식어민의 소득증대 뿐만 아니라 국내 양식업 및 생선회 관련 산업을 발전시킬 수 있을 것으로 기대되며, 앞으로 생선회의 유통 및 국제화를 위한 저변기술의 확보에도 크게 기여할 것이다

제 2장 연구개발수행 내용 및 결과

제 1절 양식산 활어의 품질 지표설정

1. 서 론

우리나라는 해방 후 어려웠던 경제난국에서 벗어나 산업 발전기에 접어들면서 수산물보다는 육류의 섭취가 상대적으로 많이 증가되었다. 최근에 들어와서는 외식산업의 현저한 발달과 더불어 즉석 편리식품이나 육류의 소비가 증가함에 따라 비만, 동맥경화 및 영양의 과잉공급에 따른 각종 성인병이 만연하고 있는 실정이다. 이러한 시점에 수산물이 가지고 있는 건강기능성이나 생리효과가 식품관련 연구자들에 의해 밝혀지면서 생선회가 건강지향성과 기호성이라는 측면에서 두 가지 조건 모두를 만족시키는 식품으로 자리 잡아 외식산업의 한 축을 이룸으로써 생선회의 소비는 급증하고 있다. 그러나 자연산 활어는 남획에 따른 자원고갈 및 어장축소 등 여러 가지 이유로 현재 횟감용 어류로서 유통되고 있는 활어의 90% 이상은 양식산이다. 양식 활어의 생산량은 1980년대 후반에 비하여 10배 이상 증가되었을 뿐만 아니라 가까운 중국이나 일본 등지에서 생선회로 먹기 위하여 많은 양의 활어가 수입되고 있는 실정이다(수산연감, 2003). 이렇게 생산된 활어는 활어시장에서 활어의 품질에 관계없이 중량을 기준으로 거래되고 있어 비만도가 높은 활어생산으로 어류양식이 이루어지고 있다. 양식 활어의 거의 대부분이 생선회로 소비되는 점을 감안할 때, 우리나라의 어류 양식업이 대외 경쟁력을 갖추기 위해서는 활어의 품질에 따라 가격이 산정되는 체제가 도입되어야 한다. 그러므로 활어 품질판정 기술의 개발은 우리나라 어류양식업이 대외경쟁력을 갖추게 할 뿐만 아니라 나아가 어민소득 증대에 기여할 수 있다. 또한 활어의 유통질서를 갖추기 위해서 양식 활어 근육의 품질을 정확하고도 신속하게 판정할 수 있는 기술을 개발하여야 한다.

우리나라의 활어 소비의 특징을 살펴보면, 양적인 측면에서 1990년 중반 이후, 광어, 우럭을 중심으로 소비가 크게 증가하여 1997년 이후 다소 정체기미를 보이다 최근 증가세를 회복되었다. 또한, 수입자유화의 여파로 1990년 중반 이후 농어, 돔의 소비량이 크게 증가하는 등, 어종확대, 수입증대로 인해 소비품목이 다양화되고 있다(Jeong, 2003). 그리고 생선회를 소비하는 사람들은 활어를

섭취할 때 단일품목보다는 3~4가지 이상의 품목을 동시에 소비하는 것을 선호하며, 활어를 선택할 때는 신선도, 맛, 어종 순서로 고려하는 것으로 나타났다(정 등, 2003). 또한, 부산에 거주하는 남여 고등학생, 대학생, 성인 500여명에 대상으로 자체 설문조사 결과, 붉은 살 생선보다는 흰 살 생선을 선호하는 경향이 크며, 흰 살 생선을 선호하는 이유로는 육질의 쫄깃쫄깃함을 선택하였다.

그러므로 본 절에서는 생선회 소비자들이 가장 고려하는 맛인 육질의 단단함과 신선도에 중점을 두고, 품질판정 지표를 검색하고자 하고자 하였다. 따라서 생선회의 맛에 가장 큰 영향을 주는 인자인 육질의 단단함과 기타 성분과의 상관성을 조사하여 물리, 화학적 품질지표를 선정하고자 하였으며, ATP 관련 화합물, ATPase활성 등을 이용한 효소적인 품질지표를 선정하고자 하였다.

일반적으로 유통되는 양식산 활어와 고품질의 활어의 품질을 비교검토하기 위하여 운동수조를 개발하였으며, 개발된 운동수조를 이용하여 두 그룹간의 품질을 비교하고자 하였다. 우선, 운동수조를 이용하여 품질을 향상시킬 수 있는 최적 운동조건을 설정하였으며, 운동유무와 운동횟수에 의하여 품질지표를 검색하였다. 그리고 동일 어미에서 분양받은 치어를 동일사료를 급이하여 수조에 순치시키고, 사료조성에 따른 품질지표 들의 변화를 살펴보았다. 또한 활어 종류 및 크기에 따른 품질지표들을 검색하여 품질지표로 가능한 인자들을 선정하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

가. 원료어

(1) 최적 유속 설정 및 운동에 따른 성분 비교 실험

수조의 최적 유속을 설정하기 위하여 참돔(Red seabream, *Pagrus major*)을 부산광역시 소재의 계루장인 청수활어에서 구입하였다. 실험수조 내의 수중펌프를 이용하여 유속을 0.1 m/s, 0.3 m/s, 0.5 m/s, 0.7 m/s로 조절하여 20일 동안 하루 6시간 운동시키면서 5일 간격으로 3마리씩 임의로 채취하여 benzocaine (ethyl p-aminobenzoate)으로 마취 후에 즉살(두부의 급소를 강타)시켜 방혈 후 실험용 시료로 사용하였다. 실험기간 동안 사료에 대한 영향을 배제하기 위하여 절식시켰다.

운동횟수 및 운동유무에 따른 성분 비교에서는 활어상태로 실험실에 운반한 참돔을 실험 수조에서 안정화시킨 다음, 20℃의 해수를 하루에 1℃씩 단계

적으로 수온을 조절하여 최종 수온을 17℃로 하였다. 운동사육 수조에서는 1일 6시간 1회 운동시킨 실험구와 1일 3시간씩 2회(9:00～12:00, 14:00～17:00)운동시켰다. 비운동수조에서는 전혀 운동을 시키지 않았다. 실험실의 여건상 해수를 교환은 2일에 한번씩 해수의 절반을 교환해 주었다.

(2) 사료조성에 따른 품질비교를 위한 실험

욕지도 소재 양식장에 동일 어미에서 분양된 치어(평균체장 : 29.5±1.7, 평균체중 : 400g) 중 건강한 참돔을 선별하여 실험수조인 1.5 ton, 1.8 ton 원형수조에 50마리씩 임의 배치하여 각 사료당 90일 사육 실험하였다. 각 수조마다 약하게 폭기시켜 산소를 공급하였다. 먹이는 1일 1회(9:00) 만복급이 하였고, 사육기간 중의 수온은 17℃으로 하였다. 약 15일 간격으로 5마리씩 임의로 추출하여 분석하였다.

(3) 크기별에 따른 품질비교를 위한 실험

참돔(Red seabream, *Pagrus major*), 넙치(Olive flounder, *Paralichthys olivaceus*), 우럭(Korean Rockfish, *Sebastes schlegeli*), 농어(Sea bass, *Lateolabrax japonixus*), 숭어(Mullet, *Mugil cephalus*)을 크기에 따라서 0.7～0.9 kg, 1.0～1.2 kg, 1.5～1.7 kg의 크기의 활어를 민락동 소재의 계류장에서 각각 활어 상태로 구입하여 원료어로 사용하였다.

(4) 활어 종류별에 따른 품질비교를 위한 실험

동해안 지역의 활혜수산, 풍성수산, 청수수산에서 10개월간 양식한 참돔(Red seabream, *Pagrus major*), 넙치(Olive flounder, *Paralichthys olivaceus*), 우럭(Korean Rockfish, *Sebastes schlegeli*), 농어(Sea bass, *Lateolabrax japonixus*), 숭어(Mullet, *Mugil cephalus*)를 부산광역시 소재의 청수활어에서 구입하였다.

나. 실험방법

(1) 수분 및 지질함량(Moisture & lipid content)

수분함량은 105℃ 상압 가열건조법(AOAC, 1990), 지질함량은 Soxhlet 추출법(AOAC, 1990)으로 측정하였다.

(2) 지질조성(Lipid composition)

근육의 지질은 Bligh and Dyer (1959)의 방법에 따라 chloroform : methanol (2:1, v/v)용액으로 추출한 후, Juaneda and Rocquelin (1985)의 방법에 따라 Sep-pak silica cartridge(25 mm × 10 mm i.d., Waters Co., USA)를 사용하여 중성지방질 및 극성지방질로 분획하여다. 즉 Sep-park silica cartridge에 시료유를 넣고 chloroform으로 중성지질을 용출시키고 methanol으로 인지질을 용출, 분획하였다. 이들 각 분획을 감압농축하여 용매를 제거한 후 중량법으로 각 조성비를 구하였다.

(3) 파괴강도(breaking strength)의 측정

Ando et al. (1991)의 방법에 따라 Rheo meter (Compac-100, Sun, Japan)을 이용하여 각 활어의 등육을 Table 2-1-1과 같은 조건으로 측정하였다. 즉, 참돔을 밑면이 평행하게 필렛하여 20×20×10 mm의 크기로 정사각형의 칼집을 위에서 찍은 후에, 칼집 위로 돌출된 부분을 잘라내고 근육의 두께를 10 mm로 균일하게 하여 측정시료로 사용하였다. 파괴강도는 직경 10 mm cylinder plunger를 사용하였으며, 속도 60 mm/min때의 최고값을 측정하였다. 실험결과는 각 참돔에 대하여 4~8회 측정하여 평균±표준편차(mean±S.D.)로 나타내었다.

Table 2-1-1. Conditions employed for breaking strength profile measurement of fishies muscle

Instrument	SUN RHEO Meter Compac-100
Sample thickness	10mm
Cylindrical plunger	10mm in diameter
Crosshead speed	1㎜/sec
Load cell	10kg
Chart speed	60mm/m

(4) 콜라겐(Collagen content)의 정량

콜라겐은 Bergman and Loxley (1963)의 방법에 따라 측정하였다. 활어를

치사시켜 등쪽 근육을 0.3 g씩 captube에 취하고 6 N-HCl 10 mL를 넣고 뚜껑을 닫고 110℃에서 24시간 가수 분해하였다. 가수분해 된 시료는 염산을 제거하기 위해 감압건조 시킨 후, 탈이온수로 10 mL로 정용하였다. 시료액을 0.3 mL씩 취하여 0.6 mL의 isopropanol과 교반한 후 산화용액(7% chloramine T : Acetate-Citrate buffer=1 : 4)을 0.3 mL 가하고 5분 동안 상온에서 방치 후 Ehrlich 시약(0.67% p-dimethylaminobez aldehyde, 60% perchloric acid : isopropanol=3 : 13)을 4 mL 가하고 58℃에서 25분간 반응시킨 후, 558 nm에서 30분 이내에 hydroxyproline을 정량하여 콜라겐 환산계수 9.75를 곱하여 구하였다(Fig. 2-1-1)

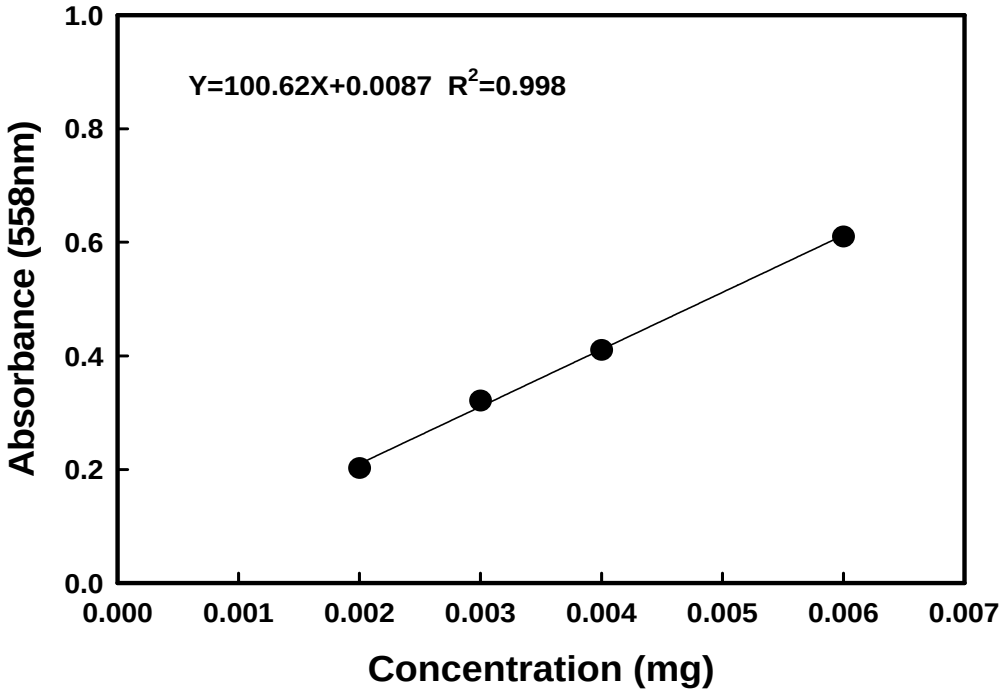


Fig. 2-1-1. Standard curve for the determination of hydroxylproline by Bergman and Loxley method.

(5) ATP 관련 화합물(ATP related compounds)의 측정

ATP 관련 화합물의 측정은 Iwamoto et al. (1987)의 방법에 따라 시료를 추출한 다음 여과(0.20 ㎛ membrane filter) 및 탈기한 후 HPLC에 주입하였다. 이동상으로는 0.2% triethylamine solution (Phosphoric acid, pH 7.0)을 사용하였고, 핵산관련물질의 표준품은 Sigma사에서 구입하여 사용하였다. 장치는 Waters 사(waters 600, Island)의 고속액체 chromatograph 자동분석 system을 사용하였고 column은 Water사의 μ-Bondapack C_{18}, 300×3 mm의 역상분배 column이었으며, 측정조건은 시료주입량 5 ㎕, 이동상 유량 0.8 mL/min, column 온도 40℃, 흡수파장 254 nm, peak 면적 적산법, 분석시간은 50 min이었다.

(6) AEC(Adenylate energetic charge) 값의 측정

Thebault et al. (2000)의 방법에 의거, 활어를 즉살하여 근육을 절취한 다음, perchloric acid로 nucleotides를 추출하였다. 추출된 nucleotides는 ATP 관련 화합물의 분석 조건을 이용하여 HPLC로 분석 후, 아래의 식을 이용하여 AEC 수치를 계산하였다.

AEC = 【{ATP} + 1/2{ADP}】/【{ATP} + {ADP} + {AMP}】

New AEC = 【{ATP} + 1/2{ADP} + {IMP}】/【{ATP} + {ADP} + {AMP} + {IMP}】

(7) 근원섬유의 조제

근원섬유는 Perry and Grey (1956)의 방법을 일부 개량하여 조제하였으며, 추출을 위한 모든 조작은 별도의 언급이 없는 한 4℃이하에서 행하였다. 채취된 근육에 25 mM KCl을 함유한 39 mM 붕산완충용액(pH 7.1)을 5배 첨가하여 균질화한 후 간 원심분리(600g×15분) 하였다. 침전물에 대하여 동일한 조작을 1회 반복한 후, 침전물 상층부의 미세한 부분만 취하여 4배량의 0.1 M KCl을 함유하는 39 mM 붕산완충용액(pH 7.1)에 현착한 뒤 600×g, 15분간 원심분리로부터 침전되는 결합조직을 제거하였다. 같은 조작을 3회 반복하여 결합조직을 완전히 제거한 후 동일한 완충용액에 현탁하여 이를 근원섬유로 하였다. 단백질 농도는 bovine serum albumin을 표준물질로 사용하여 Biuret법으로 측정하였다.

(8) 근원섬유의 ATPase 활성 측정

근원섬유의 ATPase 활성은 25℃에서 여러 가지 조건에서 측정하였는데, 즉 Mg^{2+}-ATPase 활성은 5 mM $MgCl_2$, 0.1 M KCl, 20 mM Tris-maleate buffer (pH 7.0), 2 mM ATP, 0.5 mg myofibril/ml 및 0.25 mM $CaCl_2$의 반응액으로 측정하였다. Ca^{2+}-ATPase 활성은 25 mM Tris-maleate (pH 7.0), 2 mM ATP 및 0.5 mg myofibril/ml에 각각 5 mM $CaCl_2$ 및 0.05 M KCl을 첨가한 반응액에서 측정하였다. ATP를 가하여 2분간 반응시킨 후, 15% TCA 1 ml를 가하여 반응을 정지시켰다. 유리된 γ-무기인산은 Fiske and Subbarow (1925)의 방법에 따라 측정하고 ATPase 활성으로 환산하였다(Fig. 2-1-2).

(9) 통계처리

실험 측정결과를 SAS (Statistical Analysis System) 통계 프로그램을 이용하여 측정치에 대한 평균 및 표준편차를 구하고 각 측정치의 측정 시기간 차이 검정은 Duncan의 다중비교(Duncan's multiple range test)로 검정하였으며 유의도는 $p<0.05$ 수준으로 설정하였다.

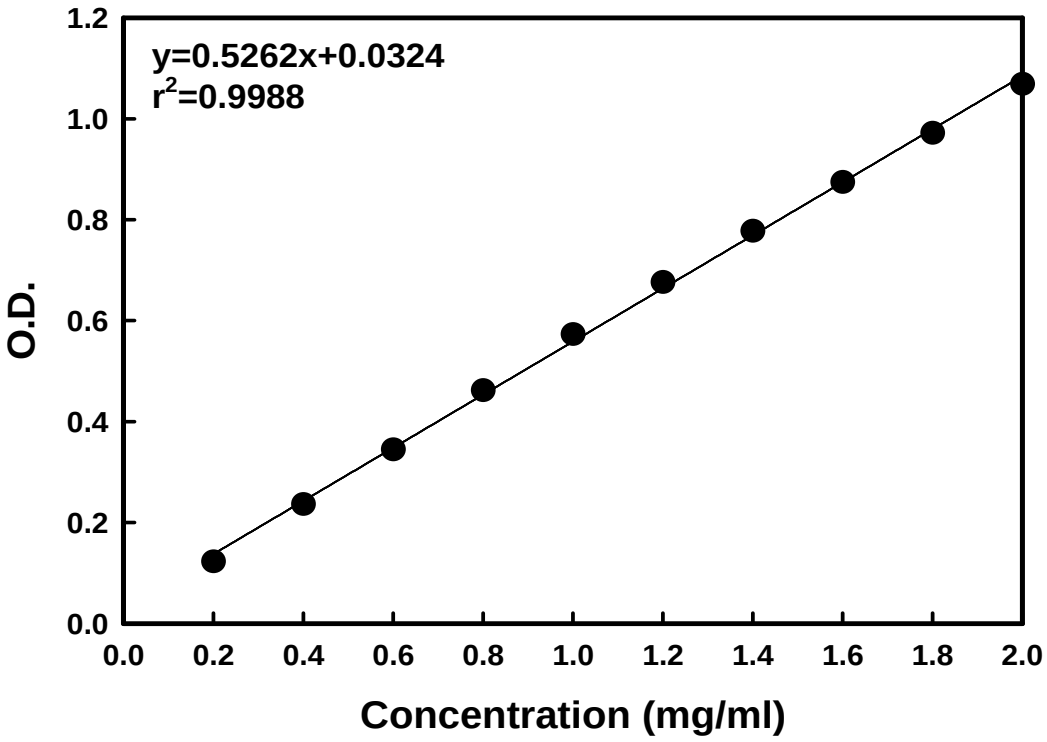


Fig. 2-1-2. Standard curve for the determination of inorganic phosphate by Fiske and Subbarow method.

3. 결과 및 고찰

가. 실험수조의 설계 및 제작

양식산 활어의 가격은 활어의 품질에 관계없이 중량(비만도)을 기준으로 활어 유통시장에서 거래되고 있는데, 이와 같이 활어의 가격이 중량단위로서만 거래된다면 좋은 품질 또는 육질을 가진 활어가 제대로 된 가격을 받지 못하게 되며, 이는 결국 우리나라 양식산 활어의 품질을 저하시키는 요인이 된다. 그러므로 앞으로는 활어의 가격이 품질에 의해 차등으로 결정되어야 하며, 그러기 위해서는 활어의 품질을 객관적으로 비교할 수 있는 품질기준의 개발이 절실히 요구된다.

따라서, 본 연구에서는 활어의 품질을 비교, 판별하기 위한 지표를 검색하고자, 인위적으로 운동시켜 육질을 개선한 활어와 일반 활어의 품질을 비교 검토하기 위하여 수조를 제작하였다.

수조는 유리섬유를 주보강제로 하여 불포화 포리에스테르 수지를 적층하여 경화, 가공한 구조재료로서, 철보다 강하고 알루미늄보다 가벼운, 내식 내열성 등이 우수한 강화프라스틱인 FRP (Fiberglass Reinforced plastics)를 사용하였다.

FRP는 산(Acids), 알카리(Alkalies), 염(Salt) 용제류 등에 대한 우수한 내식성을 가지고 있으며, 비중이 철에 비해 약1/5정도로 대단히 가벼운 반면, 중량에 대한 강도비가 크기 때문에 수송이나 설치, 부식공사가 용이하고 대형기기, 탱크, 파이프, 환경오염방지시설, 화학장치, 기타 산업 설비 제작도 가능하다. 그리고, 염화비닐, 폴리에틸렌과 같은 열가소성 수지와 다르며 열경화성 수지이므로 고온에서도 연화하거나 변형되지 않고 또한 저온에서도 부서지거나 크랙(Crack)이 생기지 않으며, 열전도율이 철의 1/200정도로 적고 단열성이 양호하므로 보온, 보냉이 거의 필요없다. 또한, 금속을 이용하지 않으므로 내용물에 금속 용출이 없고 품질 변동이 전혀 일어나지 않으며, 성형품의 형상, 용도에 따라 수적법(Hand Lay Up), 필라멘트와인딩(Filament Winding)성형 등 각종 성형법이 개발되어 있으며 대형설비나 복잡한 성형이라도 한번에 성형되며 또한 현장 시공으로 수송이 곤란한 초대형 기기 제작도 가능하다.

Fig. 2-1-3은 제작된 운동수조의 모식도로써, 수조의 크기는 해수를 1.2ton, 1.5ton, 1.8ton을 수용할 수 있는 것으로 제작, 사용하였으며, 수조 내에 파이프와 수중모터를 이용하여 물의 흐름을 0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 1.0m/s 의 흐름을 줄 수

있으며, 이 수조를 이용하여 활어를 강제 운동시켰다.

활어 수조는 수조, 여과조, 여과기, 냉각기, 히터봉, 에어스톤이 연결된 A.C 브로아, 일정한 유속을 위한 수중펌프, 여과조의 여과된 해수를 냉각기로 보내기 위한 펌프, 각종 수조 기자재를 제어하기 위한 컨트롤 박스로 구성되어 있다.

수조는 위에서 설명한 FRP를 재질로 하는 원형의 수조를 제작하였다(Fig. 2-1-4). 수조의 중심부위에 활어의 배설물이 쉽게 배출이 되도록 파이프를 수위에 맞추기 위해 이중으로 설치하였다. 안쪽의 파이프는 수조의 바닥에 뚫은 구멍에 맞추어 꽂고 바깥쪽의 파이프는 바닥쪽에 5~6군데 구멍을 뚫었다. 이 구멍을 통해 빨려 들어가는 해수를 따라 배설물이나 찌꺼기가 같이 흘러 들어가게 함으로써 해수를 매일 갈아줄 수 없는 실험실의 단점을 보완하였다(Fig. 2-1-5).

수조의 중심부 바닥에 연결 된 파이프는 수조의 바닥을 타고 여과조로 이어진다. 이 파이프를 타고 활어의 배설물과 찌꺼기가 섞인 해수는 여과조로 들어가 여과된다. 여과조는 가로 1.5m 세로 0.7m로 4칸으로 나뉘어져 있다. 수조의 해수가 직접 들어오는 첫 번째 칸에는 바닥에 스폰지를 깔고 위에 모래를 올려 두 단계에 걸쳐 여과가 되도록 하였고(Fig. 2-1-9), 다음 칸부터는 각 칸을 구분하는 벽의 위쪽으로 해수가 다음 칸으로 넘어가게 하고 찌꺼기는 바닥으로 갈아 앉게 하여 오염된 해수가 최대한으로 여과조에서 걸러지게 하였다. 그러나 후에 1.8L 용량의 수조에는 스폰지와 모래로만 이루어진 여과조로는 해수의 여과에 충분치 못하여 청일에코시스템에서 개발한 여과기를 추가로 설치하였다. 이렇게 여과된 해수는 펌프를 통해 냉각기로 들어간다. 냉각기는 활어에 전혀 해가 없는 특수 티타늄 열교환기와 R-22를 냉매로 사용하고 전자식 자동 온도조절이 가능한 (주)대일냉각기사의 제품인 DA-1500시리즈 DA-1000시리즈를 사용하였다. 냉각기를 거친 해수는 다시 수조로 들어가게 되고 같은 경로로 계속 순환을 하도록 설계하였다(Fig. 2-1-13).

그 외 주변 기기로 활어에 산소를 공급하는 역할을 하는 A.C 브로아를 사용하였으며 (Fig. 2-1-12), 분당 65L의 산소를 발생시킬 수 있는 제품으로, 저압분지를 이용하여 여러 개의 산소 분산기를 연결하였다. 활어의 운동을 위한 펌프는 200w 단상식으로 수조의 벽 쪽에 붙여 충분한 유속이 나오도록 여러개의 출구를 좁게 만든 파이프를 연결하였다. 이는 수조의 깊이에 따른 유속의 변화가 없도록 하기 위함이다.

수조의 수온은 수조 속에 센서를 넣어 수온을 감지하도록 하였다. 설정된 수온보다 높을 경우에는 냉각기가 작동되어 수온을 낮추고, 수온이 낮을 경우에는 1Kw의 히터봉이 작동하여 수온을 올릴 수 있게 만들었다. 모든 장치에 달린 컨트롤러는 컨트롤박스를 따로 제작하여 한 곳에 모았다(Fig. 2-1-7, 2-1-8). 이 컨트롤박스 내에서 수조 외의 모든 장치를 제어할 수 있도록 하여 수온, 운동시간, 산소량 등을 효과적으로 조절하였다.

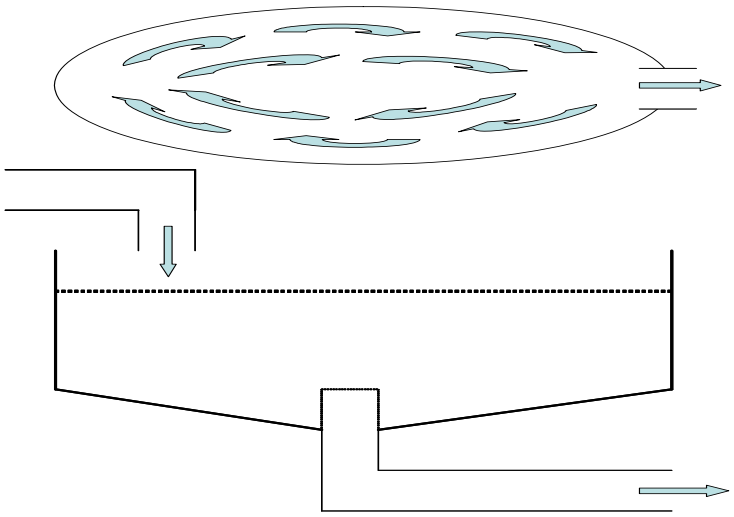


Fig. 2-1-3. The illustration of the circulation tank used to exercise cultured fish.

Fig. 2-1-4. The photo of the circulation tank used to exercise fish.

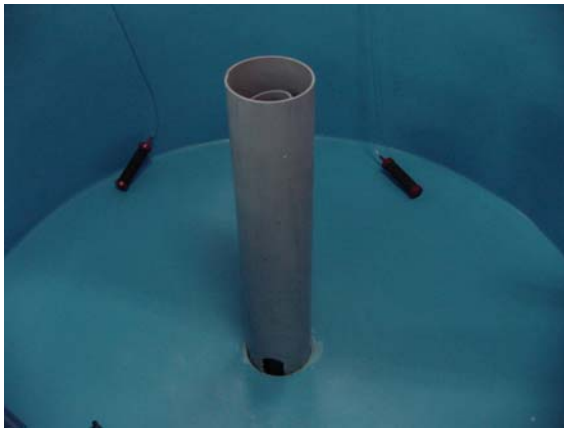


Fig. 2-1-5. Discard slot.

Fig. 2-1-6. Air stone.

Fig. 2-1-7. Controller of temperature.

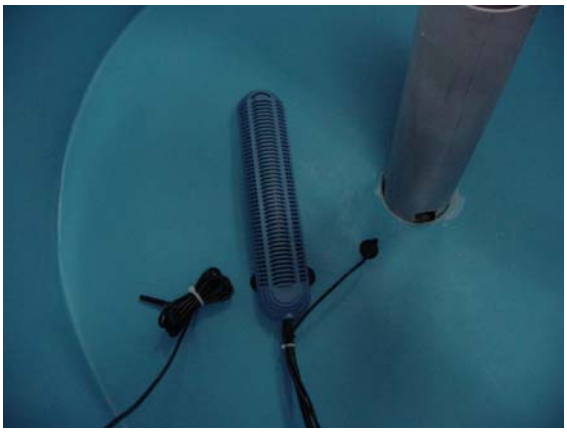


Fig. 2-1-8. Heater for water.

Fig. 2-1-9. Purification plant used to sea water.

Fig. 2-1-10. Pump used to circulation sea water.

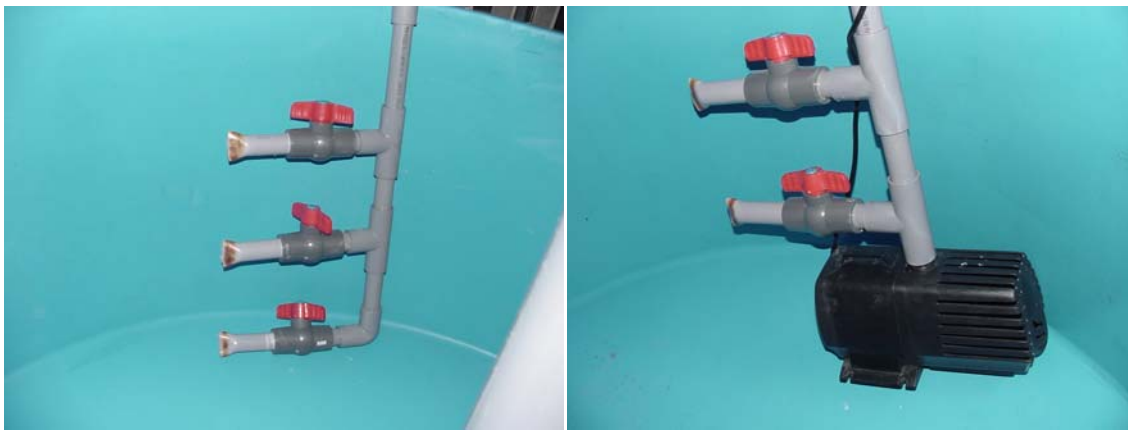


Fig. 2-1-11. The pump used to exercise fish.

Fig. 2-1-12. Aeration.

Fig. 2-1-13. Refrigerator.

Fig. 2-1-14. The photo of exercise fish.

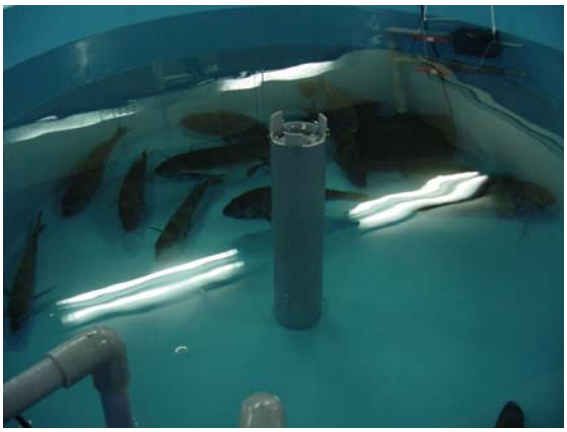


Fig. 2-1-15. A water tank for cultured.

나. 물리·화학적 방법에 의한 근육의 품질 지표의 설정

(1) 운동수조의 적정 유속설정

생선회의 품질을 결정하는 중요한 요인 중 하나는 씹힘성으로, Lee (1998)는 양식 및 자연산 돔과 넙치 어육의 특성에 관한 연구에서 관능검사와 파괴강도와의 상관성이 높다는 보고와 마찬가지로, 우리나라에서 가장 많이 소비되고 있는 넙치, 우럭, 참돔, 농어 등의 횟감용 생선회의 맛은 씹힘성으로 결정하고 있기 때문에 육질을 개선하기 위한 일련의 연구가 진행되었다. 즉, 운동사육에 의하여 근육에 장력을 발생시켜 육질을 개선하는 방법(Tachibana et al., 1988), 사육수온을 변화시켜 육질을 개선하는 방법(Hawang et al., 1991), 한약재를 사료에 투여하여 육중의 결합조직이 함량을 증대시키는 방법(Kim et al., 1996) 및 절식 사육에 의하여 양식어의 육질을 개선하는 방법 등이 있다.

실험 수조 내의 유속을 0.1 m/s, 0.3 m/s, 0.5 m/s, 0.7 m/s로 조절하여 20일 동안 하루 6시간 운동시키면서 활어의 파괴강도를 조사하였다(Fig. 2-1-16). 0.1 m/s 사육구의 참돔은 1.39±0.08 kg의 평균 파괴강도를 나타냈으며, 0.3 m/s 사육구 참돔의 평균 파괴강도는 1.40±0.15 kg를 나타냈으나 유의한 차이는 나타나지 않았다($p>0.05$). 사육수조 내의 유속이 0.5 m/s 사육구의 평균 파괴강도는 1.52±0.31 kg, 0.7 m/s 사육구의 참돔은 1.51±0.08 kg의 평균 파괴강도를 나타냈으며, 이 두 유속구에서는 사육기간에 따라 파괴강도가 유의적인 차이를 나타냈다($P<0.05$).

제작된 수조에서 유속에 따라 참돔을 강제 운동시켜 파괴강도 변화를 살펴본 결과, 사육기간에 따라서는 유의적인 차이를 나타내고 있으나($P<0.05$), 유

속에 따라서는 유의적인 차이가 없었다($p>0.05$). 그러나 유속이 0.5 m/s 이하에서는 사육 기간동안 파괴강도의 변화는 거의 없었다. 그러므로 0.5 m/s 이상의 유속에서의 파괴강도가 유의적인 차가 없는 점과 유속을 증가시킬 때 들어가는 부대비용을 감안한다면 최적의 유속은 0.5 m/s이었다.

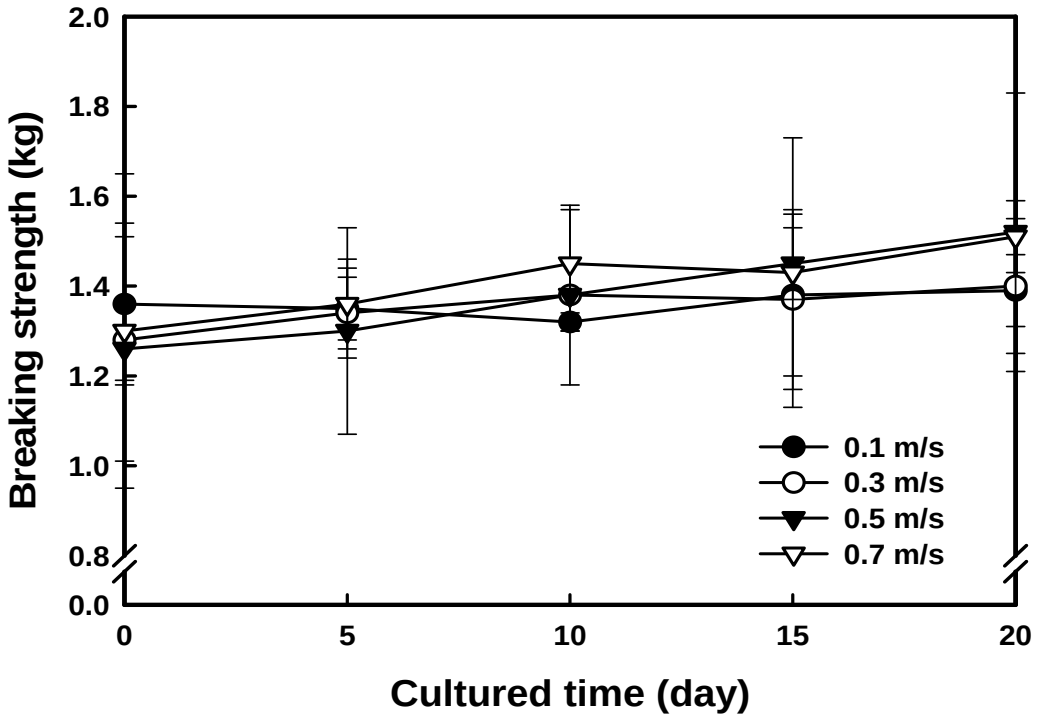


Fig. 2-1-16. Effect of the speed of current on breaking strength of muscle during cultured of Red seabream.

(2) 운동 유무에 따른 근육의 물리·화학적 변화

(가) 수분함량(moisture content)의 변화

앞에서 밝힌 바와 같이, 최적의 물의 유속은 0.5 m/s로 그 이상의 유속에서는 파괴강도가 큰 변화를 보이지 않았으며, 유속을 증가시킬시 들어가는 부대비용을 감안한다면 0.5 m/s가 가장 적합할 것으로 판단된다. 그러므로 물의 유속을 0.5 m/s로 일일 2회 운동시킨 참돔육과 운동을 시키지 않은 참돔에서의 성분변화를 살펴보았다. 73.44±0.87%의 초기수분함량을 가진 참돔은 운동을 시켰으며, 72.88±0.25%의 함량의 참돔은 운동을 시키지 않으면서 사육하였다. 운동사육시간이 길어질수록 운동사육구에서는 수분함량이 운동5일째에는 73.56±0.22%였으며, 운동 20일에는 75.88±0.94%로 초기수분함량보다는 3%정도 증가하였다. 반면, 비운동사육구에서는 5일경과 후에는 74.47±0.75%로 증가하는 것처럼 보이나 그 이후에는 큰 변화를 나타내고 있지 않았다($p<0.05$). 운동시킨 참돔에서의 수분함량은 1.939(R^2=0.2747)의 기울기로 증가하는 것을 확인 할 수 있었다(Fig. 2-1-17).

(나) 지질함량(lipid content)의 변화

양식산 활어의 근육에 대한 관능검사의 결과, 양식산은 자연산보다 선호되지 않았으며 특히 어육의 질감, 맛에서 양식어는 유의적으로 낮은 결과를 나타내어 양식어의 기호성에 어육의 질감이 크게 영향을 미치는 것을 알 수 있다(Lee et al., 2000). 질감에 대한 객관적 평가방법으로써 Rheo meter를 이용하여 어육의 texture를 측정한 결과에서 돔과 넙치 모두 양식어는 자연어에 비하여 경도가 유의적으로 낮게 나타났다고 보고하고 있다(Lee et al., 1997; 1998).
또한 Lee et al.(1999)는 한방 사료첨가제인 어보산 첨가사료로 양식된 넙치의 경우에는 일반적으로 양식된 넙치보다 육질이 더 단단한 것으로 보고하고 있다.
일반적으로 근육중의 지질함량은 어육의 맛, texture에 영향을 미치므로 지질함량이 높은 양식어의 육질이 자연어에 비하여 떨어지는 것은 근육 내 지방축적에서 유래된 것으로 볼 수 있으나, 양식어와 자연어 모두 근육 내 지질이 극히 적은 복어에 있어서 시료 조제시 근육부를 세절, 균질화시켰을 때 양식어는 육질이 연하고 내부로부터 물기가 삼출되는 현상을 보였으나, 자연어에서는 육질이 단단하고 탄력성이 풍부하며 양식어와 같은 수분이 삼출되는 현상은 보이지 않아, 어육의 texture가 지질함량의 차이로만 설명될 수 없다는 점이 시사되었다.

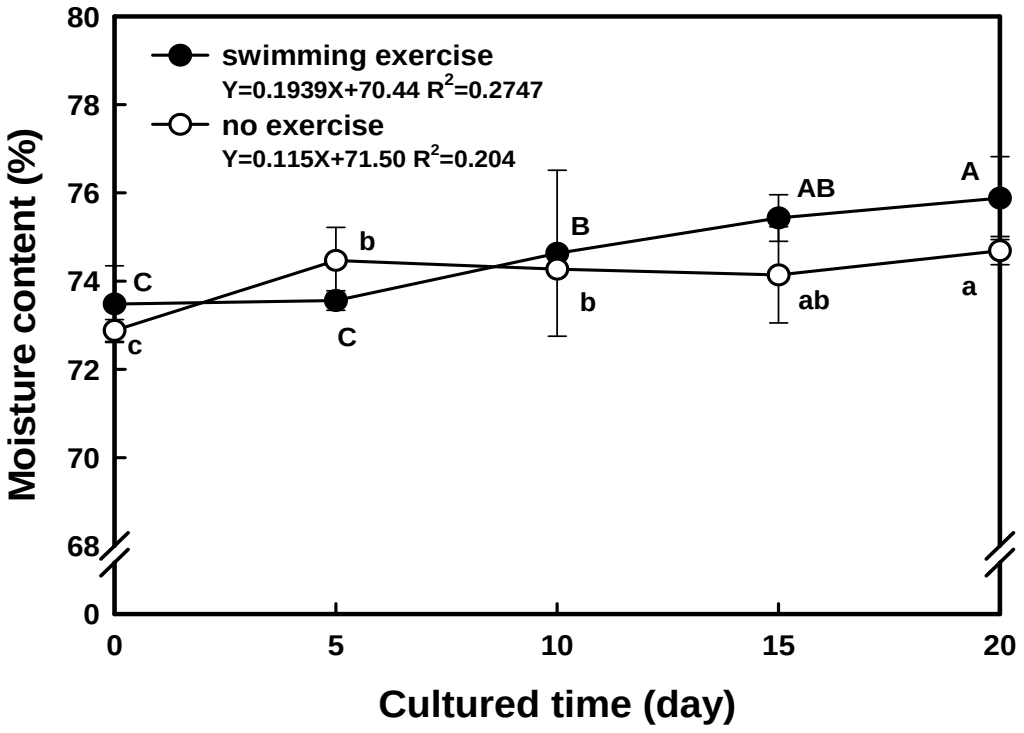


Fig. 2-1-17. Effect of swimming exercise on moisture content of Red seabream during cultured.

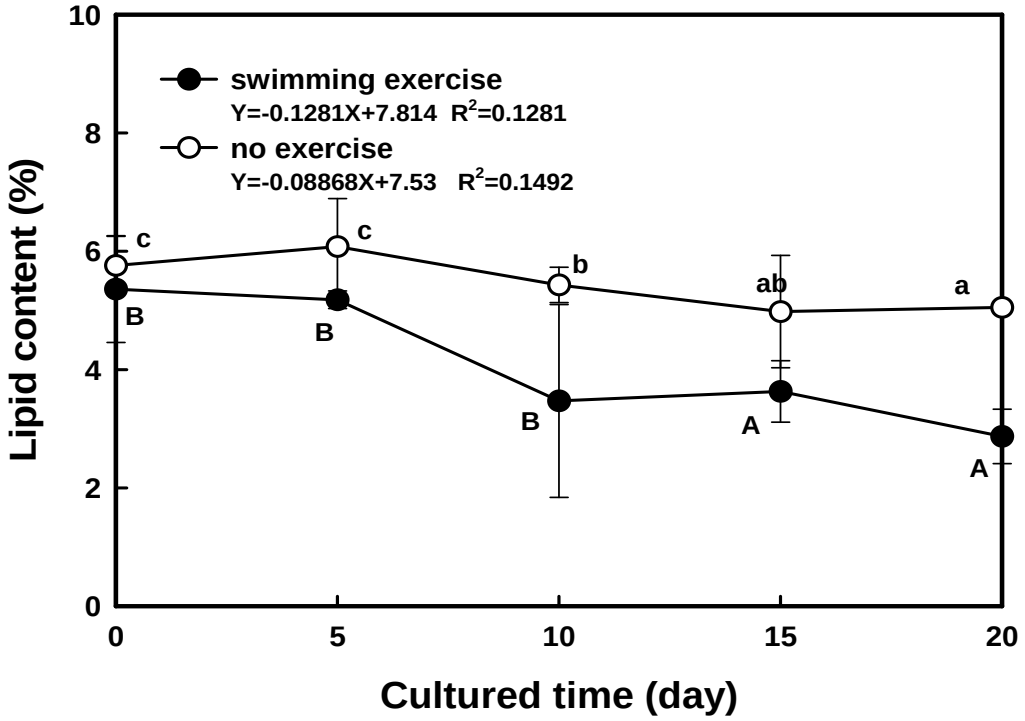


Fig. 2-1-18. Effect of swimming exercise on lipid content of Red seabream during cultured.

본 실험에서는 texture의 변화에 대한 요인으로써 지질 함량변화를 살펴보았다(Fig. 2-1-18). 운동수조의 참돔의 초기 지질함량은 5.36±0.90%을 나타내었으며, 비운동수조의 지질함량은 5.76±0.49%으로 나타났다. 이와 같이 운동과 비운동시킨 참돔의 지질함량의 변화는 운동시킨 참돔은 운동으로 인한 에너지 소비로 인하여 함량이 유의적으로 감소했다. 즉, 운동 5일에는 5.18±0.15%, 운동 15일에는 3.63±0.52%, 운동 20일에는 2.87±0.46%로 그 함량이 감소하였으나(r=-0.35), 비운동 참돔에서는 양식기간 동안 큰 변화를 보이지 않았다(r=-0.38). 그러나 운동사육구와 비운동사육구 모두 지질함량에 대하여는 음의 상관관계를 나타내었다.

(다) 콜라겐함량(collagen content)의 변화

근육에는 근세포 사이를 연결하는 기능을 갖는 결체조직이 존재하며 이 결체조직은 수 종류의 단백질로 형성되지만 대부분은 콜라겐이다. 콜라겐 함량은 근육의 단단함과 밀접한 관계가 있으며 콜라겐이 많을수록 단단한 근육이 된다고 보고하고 있다(Ochiai et al., 1985). 어육내 콜라겐 함량은 유영시 몸을 크게 구부리는 부위일수록 높으므로 머리부분보다 꼬리 부분에 많으며 어린것보다 늙은 것에 불용성 콜라겐함량이 높다. 어육은 축육에 비해 결체조직의 량이 적으므로 생선회 등 생식이 이루어지는데 콜라겐양이 많은 어육은 씹을 때 결체조직의 저항이 느껴지고 때로는 결체조직을 치아로 씹어서 끊을 수 없어 입안에 남는 경우가 있다. Sato et al.(1986)은 24어종의 근육내 콜라겐 함량을 측정하여 얇게 썬 생선회의 texture에 미치는 영향을 검토한 결과, 어류는 포유동물보다 가용성 콜라겐이 많았고, 총 콜라겐 함량은 어종에 따라 다양하였으며 근육내의 콜라겐은 얇게 썰은 생선회의 단단함에 기여한다고 보고하였다. 따라서 자연어에 비하여 운동량이 부족한 양식어는 사료에 의한 근육내 지질축적과 동시에 근육내 콜라겐 발달상태가 달라 콜라겐이 어육의 물성에 영향을 미칠 수 있는 요인으로 알려져 있다. 특히 양식어에도 지질함량이 적은 넙치의 경우에는 지질보다 콜라겐의 영향이 더 크게 작용할 것으로 보고하고 있다(Lee et al., 2000). 본 실험에서는 콜라겐의 측정부위가 등육으로 머리부분에 가까운 부분을 채취하여 실험에 행하였다. 그 결과는 Fig. 2-1-19에 나타낸 것과 같이 양식기간에 상관없이 큰 변화를 보이지 않은 것으로 나타났다. 그러나 Tachibana(1988) 등은 운동수조를 제작하여 참돔을 강제적으로 운동시켜서 등육과 꼬리육을 채취하여 근절의 길이를 측정한 결과, 꼬리육에서 연화에 영향을 주는 근원섬유 F_{1-4}의 함량이 증가율이 작아진다고 보고한 것과는 다른 경향을

나타냈다.

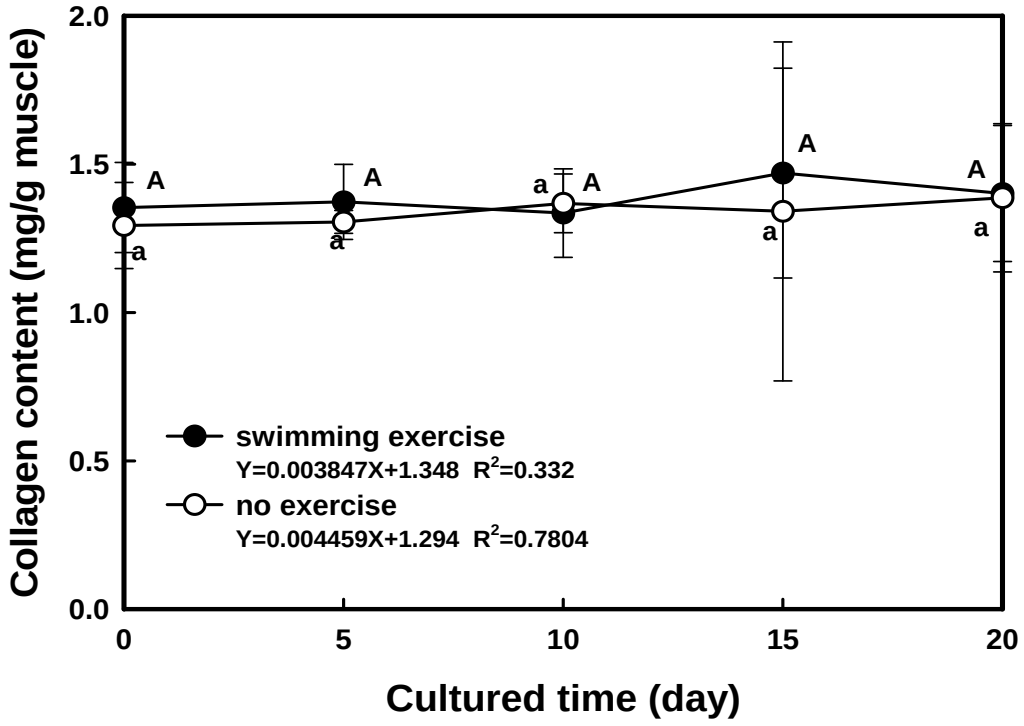


Fig. 2-1-19. Effect of swimming exercise on collagen content of Red seabream during cultured.

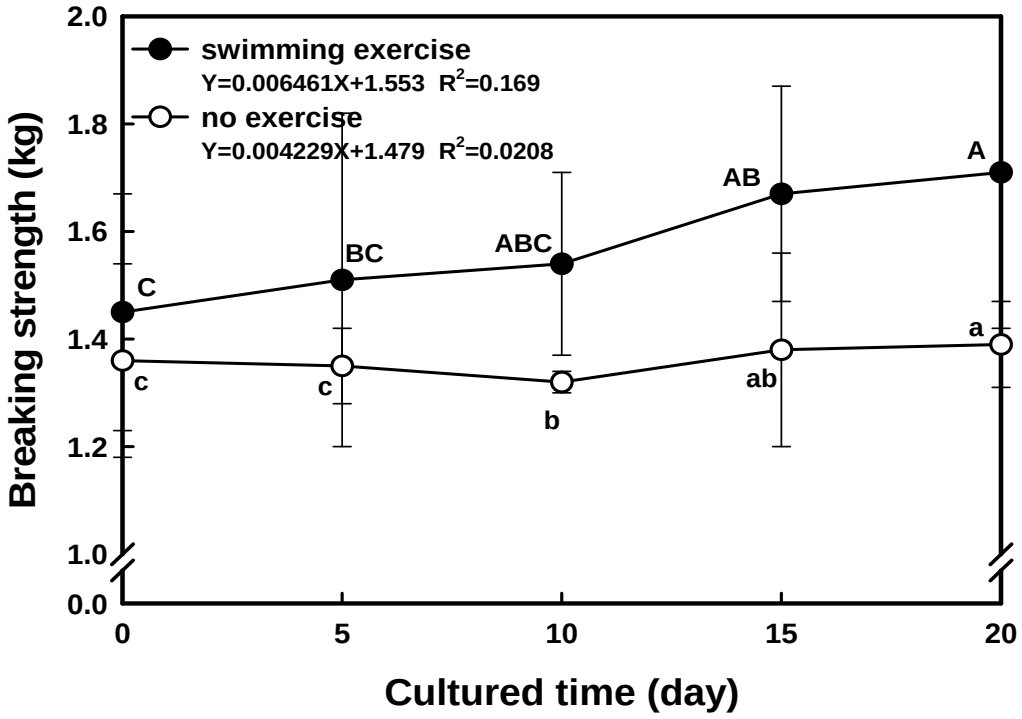


Fig. 2-1-20. Effect of swimming exercise on breaking strength of Red seabream during cultured.

(라) 파괴강도(breaking strength)의 변화

운동유무에 따른 근육의 파괴강도의 변화는 Fig. 2-1-20에 나타내었다. 운동수조와 비운동수조에 각 참돔을 순치시킨 후에 파괴강도는 운동수조의 활어는 1.45±0.02 kg의 파괴강도값을 가지고 있었으며, 비운동수조의 참돔의 파괴강도는 1.36±0.18 kg 이였다. 참돔은 생선회 중에서도 육질이 단단하고 맛과 향이 뛰어나 대단한 고급어종으로 취급되고 있으며, 특히 겨울에 맛이 뛰어난 생선회로 파괴강도값이 다른 어종에 비하여 높은 값을 나타내었다. 운동기간에 따라서는 파괴강도값이 유의적으로 증가하였으며, 이는 운동에 의하여 참돔의 육질이 개선되고 있는 것을 간접으로 시사하고 있다. 반면, 비운동수조에서는 참돔의 파괴강도는 사육기간동안 큰 유의차가 없었다. Touhata et al. (2000)에 의하면 계절별에 따라 참돔 근육에서 콜라겐 함량이 파괴강도에 가장 큰 영향을 미치며, 9월에 가장 콜라겐 함량이 높으며 파괴강도도 마찬가지로 높았다고 보고하고 있다. 그러나 본 연구에서는 동일시기에 구입한 참돔으로 운동에 의한 콜라겐 함량의 변화가 파괴강도의 영향을 준 것으로 보기는 어렵다. 그러므로 운동에 의해서 참돔의 지질과 같은 성분이 파괴강도에 영향을 준 것이다.

(마) 지질조성(lipid class composition)의 변화

Table 2-1-2는 참돔의 지질 조성을 나타낸 것으로, 비운동 사육구의 0일차에 중성지질은 5.37±0.65 g/100g, 20일차 4.81±0.21 g/100g으로 나타났다. 상대적으로 운동 사육구의 0일차 중성지질은 4.82±0.68 g/100g, 20일차 2.62±0.69 g/100g으로 나타났다. 즉 운동으로 인하여 비극성 지질인 중성지질이 감소하였다. 중성지질의 주성분은 대부분 triglyceride로써 근육에서 에너지소비가 발생할 때, 주로 소모되므로 운동으로 인하여 중성지질이 감소되는 것으로 판단된다. 그러나 비운동 및 운동 사육구의 극성지질은 사육기간에 따른 차이가 없었다. Prasad Thakur et al.(2003)은 양식산 방어의 지질조성에 관한 연구에서 등쪽 근육의 중성지질이 꼬리 근육보다 유의적으로 높게 나타나고 대조적으로 극성지질은 부위별로 차이가 나타나지 않고 있다. 지질 조성 중에서 중성지질이 항상 주된 조성을 보이고 있으며 머리에서 꼬리로 갈수록 중성지질은 감소하고 있다. 극성 지질은 0.5~0.9 g/100g을 차지하고 있으며 계절별, 부위별에 따라서 항상 일정하게 유지된다. 따라서 양식산 방어의 근육 지질함량의 변화는 중성지질함량의 변화에 기인한다고 보고하였다.

Table 2-1-2. Lipid class composition (g/100g meat) of cultured Red seabream with or without swimming

	0 day	5 days	10 days	15 days	20 days
No exercise					
Neutral lipids	5.37±0.65	6.55±1.42	5.28±0.53	4.69±1.06	4.81±0.21
Polar lipids	0.68±0.34	0.25±0.11	0.15±0.06	0.23±0.10	0.28±0.11
Swimming exercise					
Neutral lipids	4.82±0.68	5.71±0.20	3.72±2.30	3.03±0.38	2.62±0.69
Polar lipids	0.78±0.63	0.29±0.10	0.22±0.01	0.35±0.08	0.11±0.12

(3) 운동 횟수에 의한 근육의 물리·화학적 변화

(가) 수분함량의 변화

일본에서는 양식산 참돔에 있어서 육의 연화를 막기 위한 방법의 일환으로 강제운동시키는 연구가 이루어졌다. 2년 정도 양식된 참돔을 1~4주 동안 12시간 동안 2.5 BL(body length)/s의 유속으로 운동시킨 것과 운동시키지 않은 참돔을 방혈하여 즉살시킨 후, 12일 동안 얼음에 저장하여 등육과 꼬리육의 sarcomere(근절)수를 전자현미경으로 관찰하였다. 그 결과, 운동에 의하여 참돔의 육질개선을 효과적이라고 보고하고 있다(Tachibana et al., 1988). 본 연구에서는 운동시간을 하루 6시간으로 설정하였으며, 운동횟수를 결정하기 위하여 오전, 오후에 각 3시간씩 운동시키는 방법과 오전부터 6시간동안 운동시키는 두 방법 중 효과적인 방법을 선택하기 위하여 품질을 비교하였다.

Fig. 2-1-21은 각 조건에 따라 운동시킨 참돔의 수분함량을 나타낸 것으로,1일 2회 운동시키기 위한 실험구에 있어서, 운동시키전의 수분함량은 73.37±2.02%를 나타냈으며, 1회(6시간 운동)운동시키기 위한 참돔은 71.74±1.66%을 나타내었다. 각각의 운동조건에서 양식된 참돔은 양식초기에는 큰 변화가 없었으나, 양식 5일 이후에는 수분함량이 증가하여 15일에는 76.40±0.14, 75.62±0.98%의 수분함량을 2회와 1회운동 시킨 참돔의 육에서 각각 나타났다. 이는 운동시킴으로 인하여 수분함량이 증가되었으며, 수분의 증가폭은 2회의 운동횟수에서 1회 운동횟수보다 수분함량의 증가율이 높았다.

(나) 지질함량의 변화

Fig 2-1-22는 운동횟수에 따른 지질함량을 나타내었는데, 2회 운동의 참돔은 5.83±2.08, 1회 운동의 참돔은 6.72±1.84%였다. 처음 활어의 지방함량이 차이가 나는 것은 활어의 구입이 계류장으로써, 계류장에서 구입된 활어가 실제적으로 한 어미에서 부화된 활어가 아니라, 여러 곳에서의 활어가 구입되기 때문이라고 체성분의 조성이 다르기 때문으로 판단된다.

Fig. 2-1-21에서 살펴본 수분함량의 변화는 달리 지질함량은 양식하는 기간이 증가할수록 함량은 감소하는 경향을 보여주고 있다. 2회 운동한 참돔은 초기 5.83±2.08%의 지질함량이 5일 동안 운동을 시킨 후에는 4.63±0.31%로 1%정도 감소하였으며, 10일 운동시에는 2.82±0.42%로 급격한 감소를 보인 후에는 큰 변화를 보이지 않았다.

또한 하루 1회 운동시킨 활어는 지질 함량의 감소율이 2회 운동시킨 참돔보

다는 작았지만, 1회 운동시킨 참돔과 마찬가지로 운동기간 동안 지질은 감소하였으며, 운동 5일 이후에는 지질의 함량은 큰 유의차가 없었다($p<0.05$). 그러므로 운동기간과 지질의 상관관계는 음의 기울기를 가지고 있으며, 2회 운동시킨 참돔이 1회 운동시킨 참돔보다 지질의 감소율이 큰 것으로 확인되었으며, R^2의 값이 2회 운동시킨 참돔은 0.83으로 운동기간과 지질함량은 밀접한 관계를 가지고 있었다($p<0.05$). 이것은 Touhata et al.(1998)가 어류에 있어서 계절별에 따라 조직감의 차이를 가지게 되는데, 이 조직감 즉 단단함에 중요한 인자로써 지질의 함량이라고 보고 된 바와 같이, 운동에 의하여 지질의 함량의 감소는 육질의 단단함에 영향을 미치게 되며, 지질함량은 품질지표로써 중요한 인자로 작용할 것으로 판단된다.

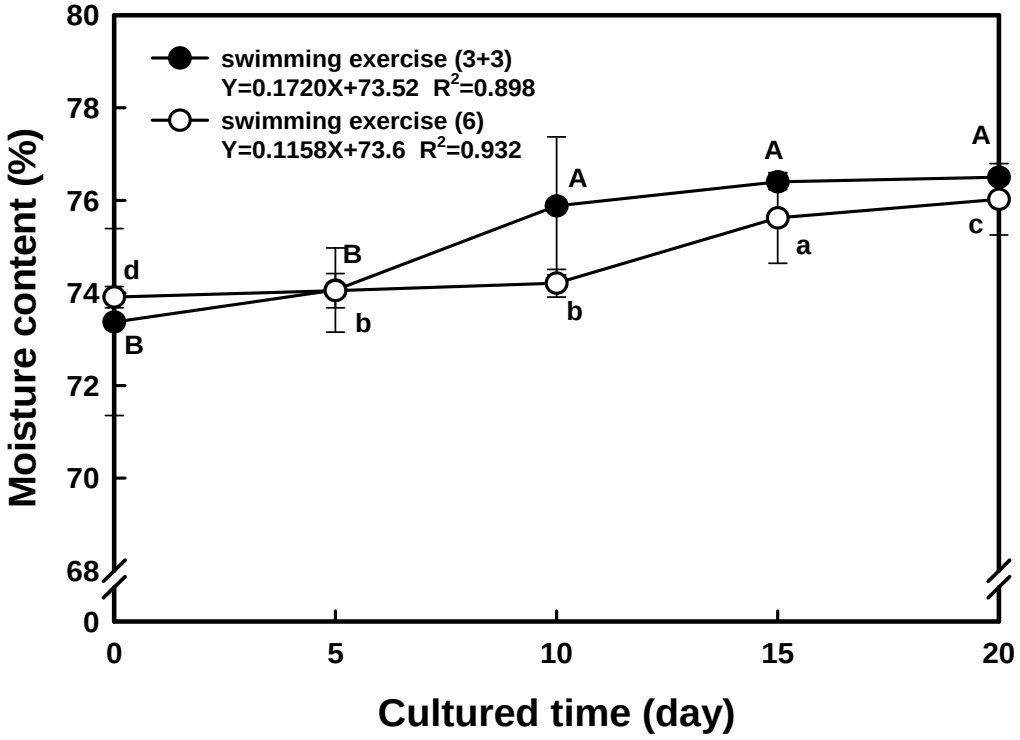


Fig. 2-1-21. Effect of swimming exercise mode on moisture content of Red seabream during cultured.

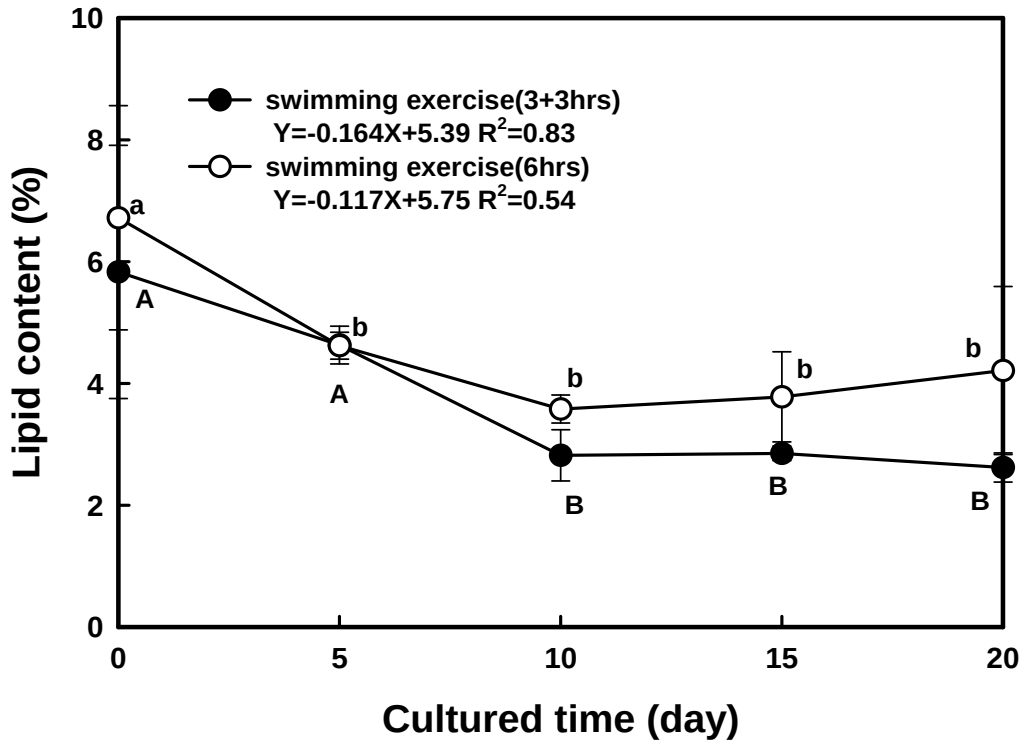


Fig. 2-1-22. Effect of swimming exercise mode on the lipid content of Red seabream during cultured.

(다) 콜라겐 함량의 변화

생선회의 단단함(toughness)은 어종, 원료어의 신선도, 조리후의 저장조건 및 치사방법 등에 따라 달라진다. Ando et al.(1992a, 1992b)은 어육중의 결합조직의 주요성분인 collagen의 함량 및 분포형태가 육질의 단단함에 관여하고 있다고 하였다. 즉, collagen함량이 많은 어육일수록 육질이 단단하다고 밝혀져 있으며, 육질이 단단할수록 고급횟감으로 취급되고 있다. 즉, 육질의 단단함(toughness)은 어종에 따라 결정되는 background toughness와 근육의 수축에 의하여 일어나는 actomyosin toughness로 나눌 수 있다. Background toughness는 근육에 분포하는 결합조직에 기인하며 그 주성분은 근내막과 근주막을 이루고 있는 collagen이며, 세포와 세포는 collagen으로 이루어진 세포외 matrix라고 불리는 구조로 접착되어 있다(Duance et al., 1977). 그리고 actomyosin toughness는 ATP의 분해로 발생되는 myosin과 actin의 결합에 의한 actomyosin 복합체의 형성 때문에 장력의 증가로 일어난다. 육질의 단단함에 중요한 요인으로 작용하는 콜라겐은 hydroxyproline (Hyp) 함량으로 산출하며, proline 2-oxoglutarate dioxygenase(E.C. 1. 14. 11. 2)에 의해서 hydroxyproline (Hyp)에서 proline이 하이드록실화를 촉진한다. 콜라겐내의 hydroxyproline (Hyp)의 함량은 효소의 활성에 의존하며 여러 종류의 어류에서 높았다. Ascorbic acid는 이 효소를 위한 보효소이며 Sato et al.(1978)는 표피에서의 collagen 절편의 hydroxyproline (Hyp)의 함량과 무지개송어에 ascorbic acid의 식이를 섭취시켰을 때 낮아진다고 보고하고 있다., 그러므로, 콜라겐의 함량은 proline의 하이드록실화 정도에 의하여 각 어류의 전환요인을 이용하여 계산한다. 그러므로 본 연구에서도 콜라겐의 함량을 운동횟수에 따른 참돔의 근육에서 hydroxyproline(Hyp)의 함량을 산출하여 조사하였다(Fig. 2-1-23). 운동횟수와 큰 상관없이 운동기간 동안 콜라겐의 함량은 큰 증가를 보이지 않고 있으며, 운동 5일째에는 콜라겐의 함량이 약간 감소하였다. 그러나 이것은 생물을 대상으로 조사하였기 때문에 개체차에 의한 값이라고 판단된다. 운동시키기 전의 콜라겐함량은 1.95±0.15 mg/g, 1.94±0.24 mg/g으로 운동횟수 2회와 1회의 참돔에서 나타났으며, 운동 20일째에는 2.06±0.13 mg/g, 1.98±0.03 mg/g으로 약간 증가한 것처럼 나타지만, 실제적으로는 유의차가 없었다($p>0.05$).

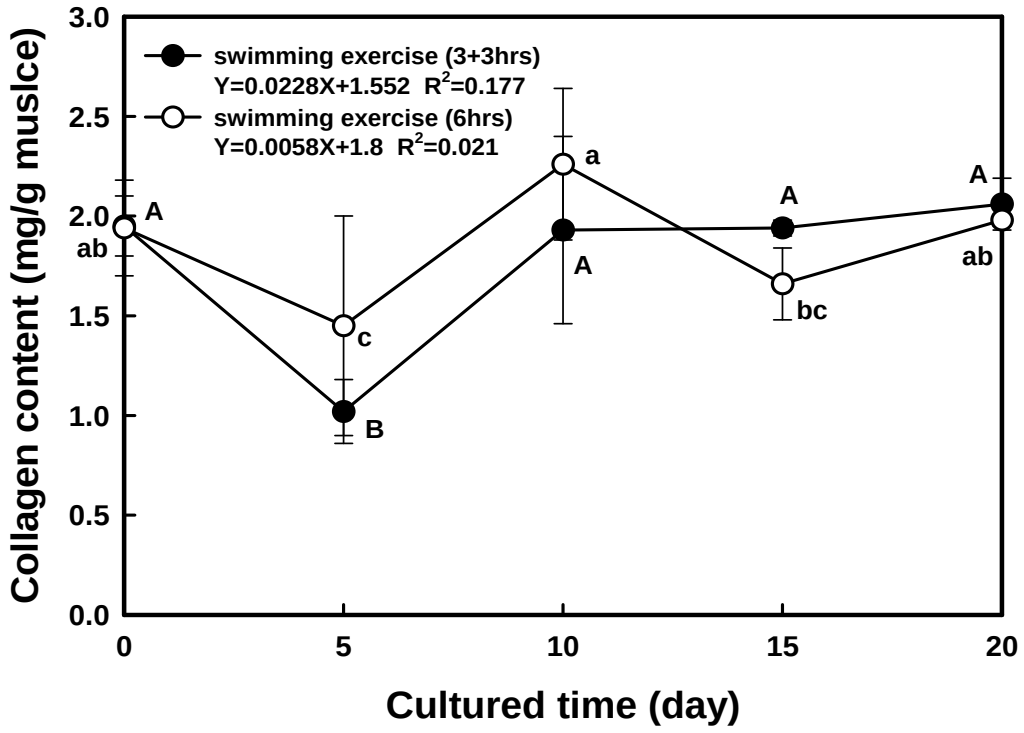


Fig. 2-1-23. Effect of swimming exercise mode on collagen content of Red seabream during cultured.

(라) 파괴강도의 변화

운동횟수에 따른 근육의 파괴강도 값의 변화는 Fig. 2-1-24에 나타내었으며, 운동기간이 경과함에 따라서 파괴강도값은 증가하였다. 양식산 참돔의 육질을 개선하기 위하여 강제 운동시킨 후, 등육과 꼬리육에서 12주 동안 2일 간격으로 근원섬유의 근절(sacormeres)의 수를 측정한 결과, 육의 연화의 지표로 사용되는 1～4 근절(sacormeres)로 구성된 F_{1-4}근원섬유의 비율이 높았다. 또한, 양식산 활어의 육이 자연산보다 저장 동안 F_{1-4}근원섬유의 비율이 빠르게 증가하였으며, 양식산 참돔사이에서는 운동시키지 않은 것보다 운동시킨 육에서 비율의 증가가 느렸다. 이 결과로 양식산 참돔의 육질이 운동시킴으로써 증가하는 것을 밝힌 것 (Tachibana et al., 1987)처럼 강제운동으로 인하여 육에서 지질함량이 감소하게 되고, 이로 인하여 육질이 개선되는 것으로 판단된다. 1.36±0.34 kg의 파괴강도값을 가지는 참돔을 하루 2회 운동시키게 되면 파괴강도값이 5일째에는 1.50±0.13 kg으로 10% 가량의 육질의 증가를 나타내었으며, 운동 10일에는 5일째는 유의차를 보이지 않으나($p<0.05$), 15일째에는 1.75±0.18 kg으로 파괴강도가 28% 증가하였으며, 20일째에는 38%의 증가된 파괴강도를 보여주었다. 운동사육에 의한 파괴강도의 증가는 양식산 참돔의 육질이 운동사육전에 비하여 단단함이 증가된 파괴강도를 보여주었다. 증가되는 것으로 판단된다. 하루 1회 운동시킨 참돔은 1.26±0.25 kg의 파괴강도값을 나타내었으나, 운동기간이 증가함에 따라서 파괴강도값은 증가하였으며, 20일 동안 운동시킨 참돔에서의 파괴강도값은 1.52±0.31 kg으로 20% 정도의 육질의 단단함이 증가하였다. 두 운동조건 모두 육질의 단단함이 증가하였으나, 육질의 단단함의 증가정도는 하루 2회 운동시킨 육은 0.0209이였으며, 하루 1회 운동은 0.0144 로 육의 단단함의 증가속도는 하루 2회 운동시키는 것이 더욱더 효과적이었다.

즉, 수분함량, 지질함량, 콜라겐 함량, 파괴강도값의 증감속도는 하루 1회 운동시킨 육보다는 하루 2회 운동시킴으로써 어류의 운동량이 많아짐으로 육질의 단단함이 증가하는 것으로 보아, 하루 2회 운동시키는 것이 적합한 운동사육 방법임을 확인할 수 있었다. 어류 양식장에서 양식 활어의 육질개선을 위하여 상기와 같은 방법으로 운동시킨다면 양질의 활어생산이 가능할 것으로 생각된다.

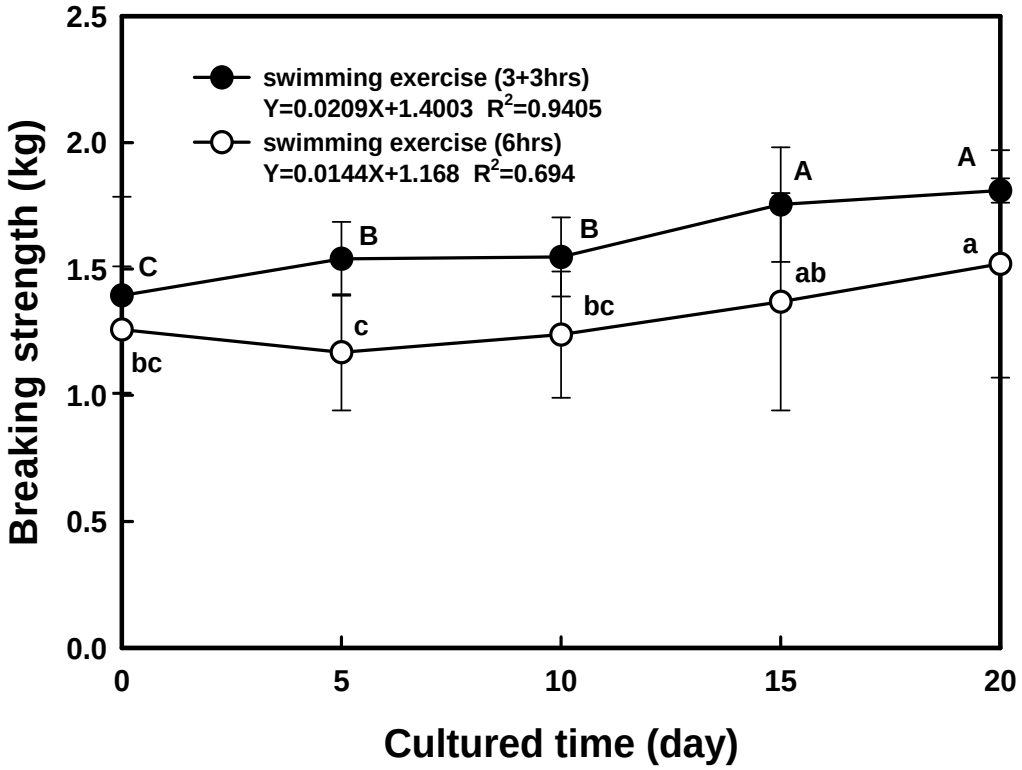


Fig. 2-1-24. Effect of swimming exercise mode on breaking strength of Red seabream during cultured.

(마) 각 지표물질들의 상관성

Fig. 2-1-25는 운동 유무 및 횟수에 관한 연구에서 사용된 참돔의 각 지표들의 상관성을 살펴보았다. 파괴강도는 수분함량($p<0.05$, $r=0.66$)과 지질함량($p<0.05$, $r=0.64$)에 의한 상관성이 크게 나타났으며 콜라겐함량과의 상관성이 작게 나타났다($p>0.05$, $r=0.23$). 이는 파괴강도값이 운동에 의한 콜라겐함량의 변화가 아니고 에너지 소모에 의한 지질함량이 감소한 것임으로, 동일 어종에서 파괴강도에 영향을 미치는 수분함량 및 지질함량과의 상관성을 이용하여 신속, 정확하게 양식 활어의 품질을 판정할 수 있을 것으로 판단된다.

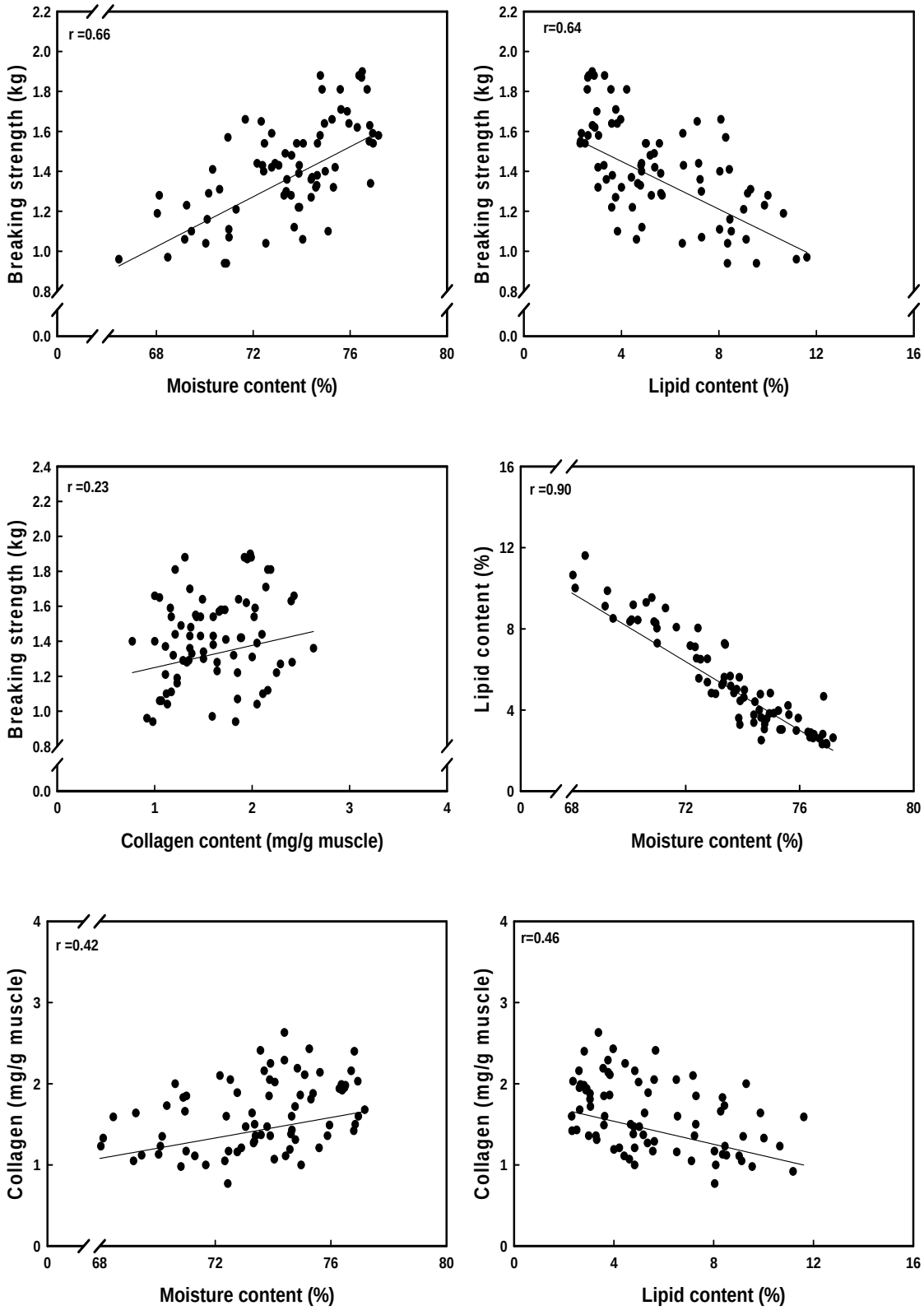


Fig. 2-1-25. Relationship of each elements for the quality judgment in Red seabream by diet composition.

(4) 사료조성의 차이에 따른 근육의 물리·화학적 변화

(가) 사료의 일반조성

사료조성의 차이가 근육의 물리·화학적 특성 변화에 미치는 영향을 조사하기 위하여 같은 어미로부터 분양된 치어를 대상으로 실험하기 위하여 수조에 수용 후 이들에게 급이하는 사료의 일반조성을 Table 2-1-3에 나타내었다. 양식에 있어 환경이나 질병은 양식기간 중에 인위적으로 쉽게 조절되지 않는 요인이지만, 사료 공급은 양식 경영자가 적절히 조절할 수 있으므로 양식 성공의 중요한 변수이다. 그러므로 활어 근육의 물리·화학적 특성에 사료가 미치는 영향, 즉 지방조성을 5%내외의 저지방 사료와 10%이상인 고지방 사료를 달리한 습사료(moist pellet, MP)를 1일 오전 9시 정각에 만복급이를 실시하여 여러 가지 성분의 변화를 조사하였다. 사료에 있어서 지질함량에 외에 다른 성분의 차이는 없도록 조제하여 사용하였다.

(나) 수분 및 지질 함량의 변화

어류양식은 먹이를 먹는 곳과 배설하는 곳을 구분하지 낳고 같은 물 속에서 생활하기 때문에 환경 변화에 미치는 영향이 아주 크다. 예를 들면, 어류의 먹이 찌꺼기나 배설물은 사육수 속에서 여러 가지 물질로 분해 되어 암모니아나 아질산을 생성하게 되는데, 이들 화학 물질은 아가미를 상하게 하여 호흡을 곤란하게 하고, 심하면 죽게 된다. 참돔을 양식할 때에는 사료 전환효율이 좋은 어육을 높은 비율로 주게 되며, 1일당 체중의 80%를 목표로 급여하므로 섭식량은 자연산 참돔에 비해서 훨씬 높으며 또한, 대사에너지양에 있어서 표준 대사량에는 차이를 볼 수 없었지만 먹이의 섭식이 쉬운 상태로 투여되고, 해적에 의한 포식의 영향이 없고, 조류 등의 물리적 변화가 작은 환경에서 사육되는 양식산 참돔은 자연산 참돔에 비해서 운동 대사량이 낮아 섭취한 음식물을 주어진 환경조건(사육용기, 수용밀도, 수온 등)에서 가능한 한계까지 이용하고 남는 에너지를 지방으로 축적한 결과 자연산 참돔과 비교해 볼 때 성장이나 체성분에 차이가 생기는 것으로 보고하였다(Anraku and Azeta, 1973).

참돔 치어를 수조로 운반하여 얼마동안 안정화시켰다. 동일크기의 선별하여 마리씩 실험수조에 수용한 다음 사료를 투여하면서 수분함량의 변화를 살펴보았다.(Fig. 2-1-26). 사육 15일 까지는 환경의 변화에 의하여 사료의 효과가 없이 두 실험구가 수분함량이 증가하였다. 15일 이후부터 고지방 사료를 투여한 사육구가 저지방 사료를 투여한 사육구보다 수분함량이 낮게 나타나고 있었다.

지질함량의 변화를 살펴보면, 45일 까지는 사료에 의한 차이가 크게 나타나지 않았다. 45일 이후, 고지방 사육구는 일정 수준의 지질함량을 유지하지만 저지방 사육구는 감소하기 시작하여 75일부터 일정 수준을 유지하였다(Fig.2-1-27).

(다) 단백질 및 회분 함량의 변화

단백질 함량에 대하여 살펴보면, 사료를 투여한 후 고지방 및 저지방 사육구의 단백질함량은 30일까지는 증가하고 그 이후로 일정한 함량을 유지하였다(Fig. 2-1-28). 회분함량에 대하여 살펴보면 사료를 투여한 후 고지방 및 저지방 사육구의 회분함량은 뚜렷한 차이를 보이지 않았다(Fig. 2-1-29.).두 지방조성이 다른 사료를 투여한 종료어의 화학적 조성은 지방함량을 제외하고는 유의적인 차이를 보이지 않았다. 이처럼 지방 함량의 차이에 따라서 어체 지질이 증가된 것은 참돔 성장에 필요한 에너지 요구보다 과잉으로 공급되었기 때문에 영양소 이용률이 낮아져(Lee et al., 1996), 섭취되어 이용되지 못한 과잉의 영양소는 수중으로 배출되어 수질오염원을 증가시킬 뿐만 아니라 과잉의 에너지는 체내에 지방으로 축적(Page and Andrews 1973; Leet et al., 2000)되어 어육 품질을 저하시키는 결과를 초래한다.

즉, 고지방 사료의 공급으로 활어의 비만도는 증가되나, 육질에 가장 큰 영양을 주는 지질함량의 증가로 품질은 저하된다.

Table 2-1-3. Composition of the experimental diets

Diet	Proximate composition(%)			
	Moisture	Crude protein	Crude lipid	Ash
Low fat diet	27.65±0.35	28.52±1.72	5.10±0.04	6.54±0.12
High fat diet	23.08±0.20	31.28±1.89	11.71±0.11	6.84±0.12

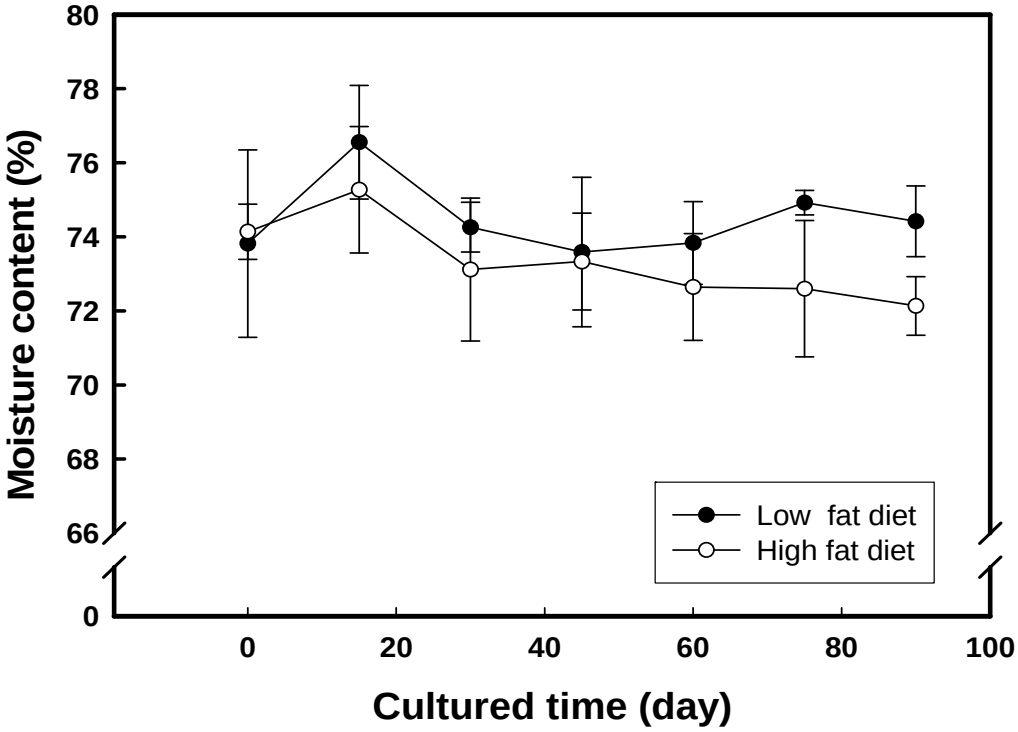


Fig. 2-1-26. Changes of moisture content of muscle during cultured time at each diet.

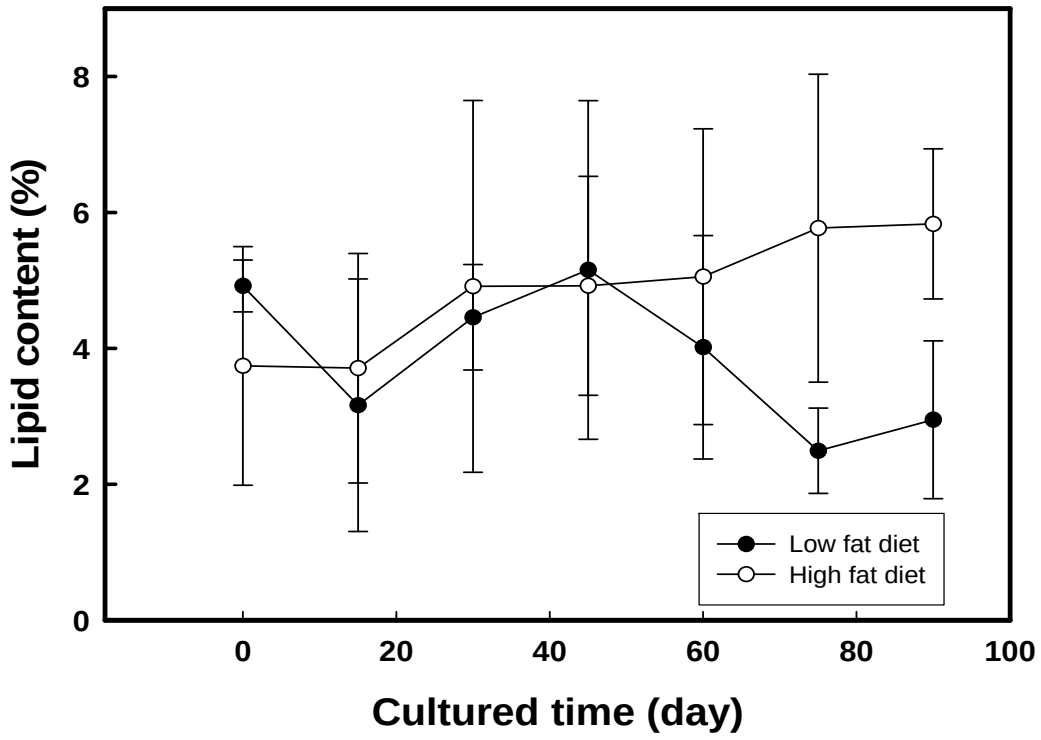


Fig. 2-1-27. Changes of lipid content of muscle during cultured time at each diet.

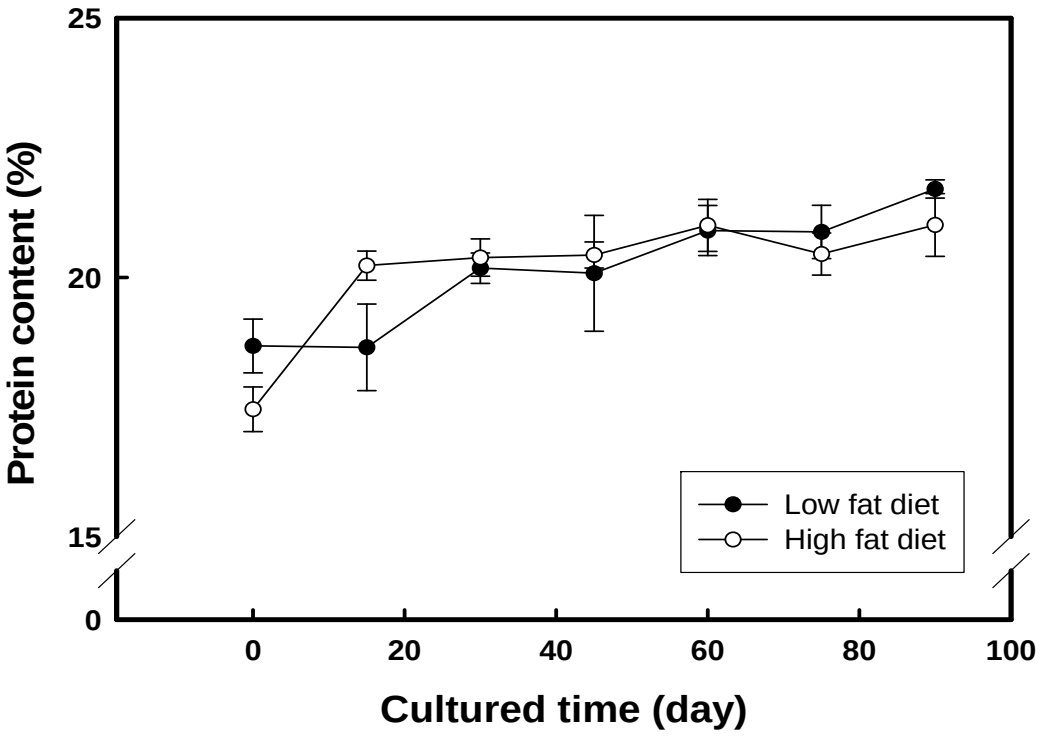


Fig. 2-1-28. Changes of protein content of muscle during cultured time at each diet.

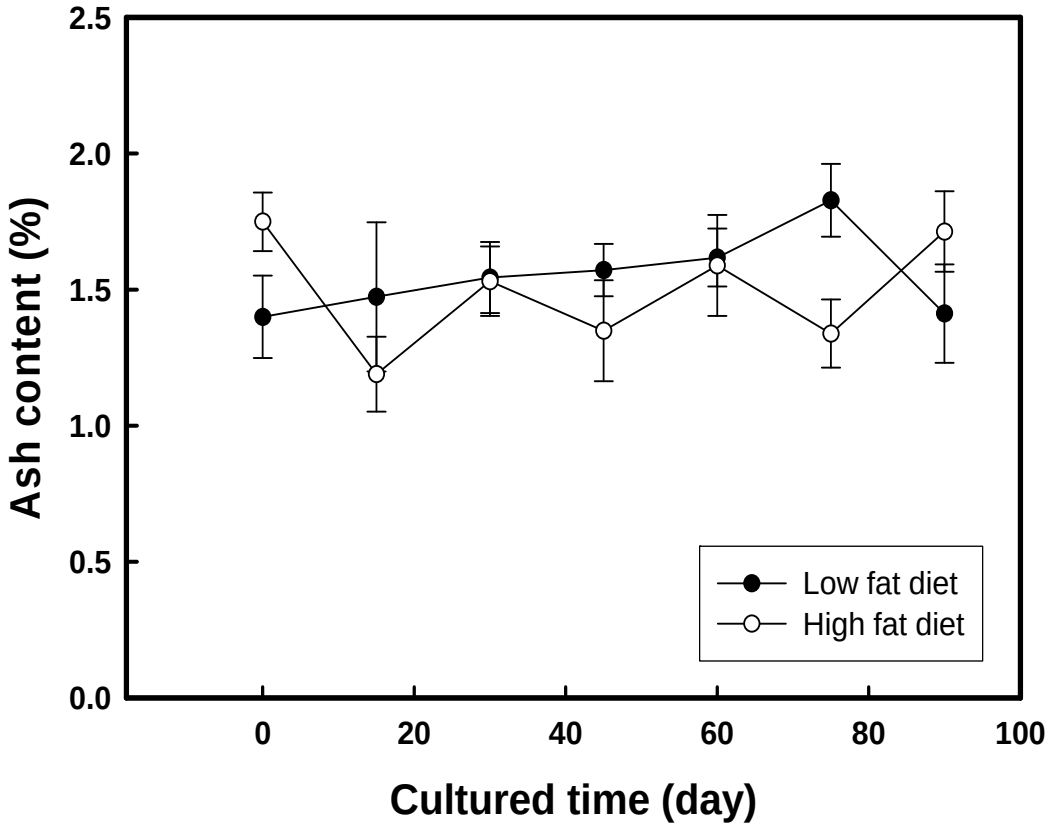


Fig. 2-1-29. Changes of ash content of muscle during cultured time at each diet.

(라) 콜라겐 함량 및 파괴강도의 변화

고지방 및 저지방 사료를 섭취시킨 사육구의 콜라겐 함량은 사육기간동안 뚜렷한 차이를 보이지 않았다(Fig. 2-1-30). 파괴강도의 변화는 저지방 사육구는 파괴강도가 증가하는 반면에 고지방 사육구는 일정한 파괴강도를 유지하고 있었다(Fig. 2-1-31). 이는 앞에서도 언급한 바와 같이, 지방함량이 많은 사료의 섭취로 인하여 과잉 에너지 공급으로 근육에 지질을 축적하게 되고, 이로 인하여 품질이 저하되었기 때문에 고지방 사육구의 파괴강도값은 변화가 없었으나, 저지방 사육구에서는 효율적인 에너지 공급으로 육질의 개선되었다. 즉, 비만도를 증가시키기 위한 고지방 식이를 섭취시키더라도 근육의 품질을 판정하는 기준인 파괴강도값의 변화는 가지지 못하고, 오히려, 품질이 떨어지는 결과를 초래하게 된다. 그러므로 품질판정지표들이 사료의 영향은 크게 받지 않는 것으로 판단된다.

(마) 각 성분간의 상관성 비교

Fig. 2-1-32는 사료의 지질함량 차이에 따라 참돔 근육에 미치는 물리, 화학적인 요소간에 상관성을 비교, 검토하였다. 파괴강도는 수분함량($p<0.05$, $r=0.88$)과 지질함량($p<0.05$, $r=0.78$)에 의한 상관성이 크게 나타났으며 단백질 및 회분함량과는 상관성이 없게 나타났다($r=0.09$, $r=0.18$). 콜라겐함량과의 상관성이 작게 나타났다($p>0.05$, $r=0.23$). 즉 파괴강도에 영향을 미치는 요인으로 수분 및 지질함량이다. 운동 여부 및 횟수에 의한 결과에 유사하게 나타났다.

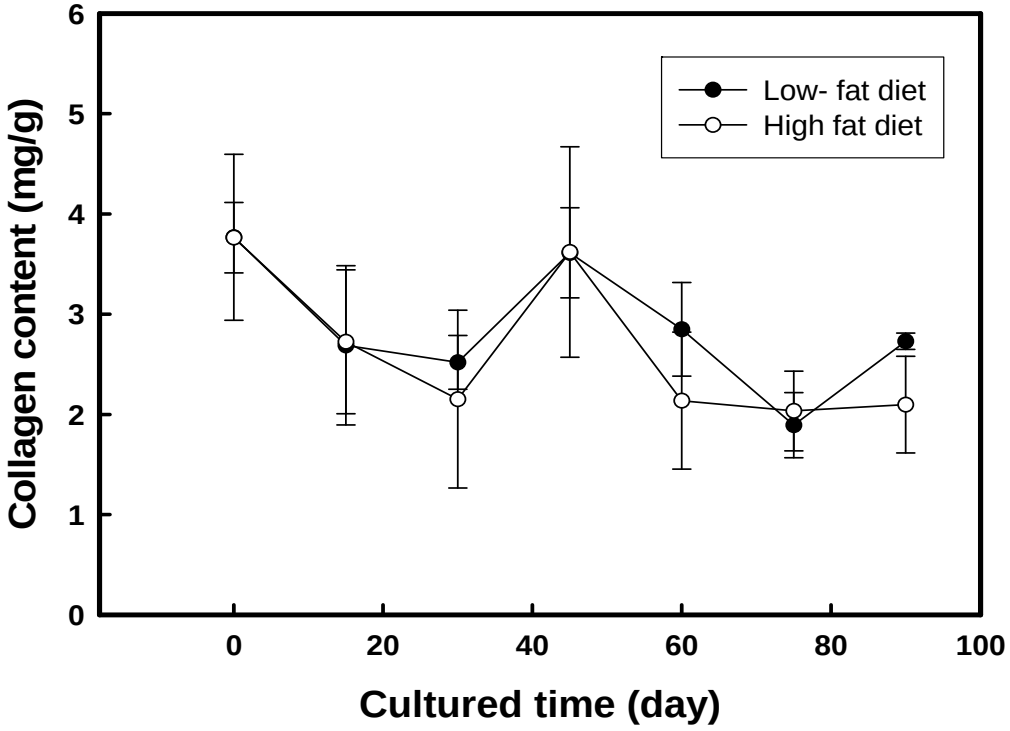


Fig. 2-1-30. Changes of collagen content of muscle during cultured time at each diet.

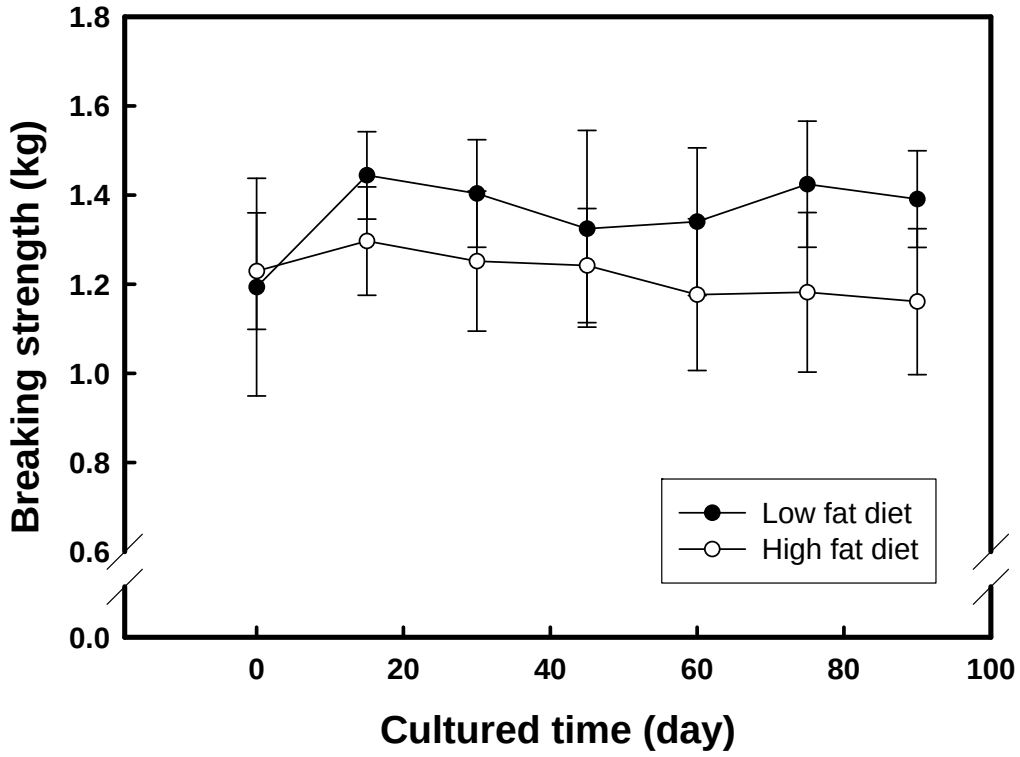


Fig. 2-1-31 . Changes of breaking strength of muscle during cultured time at each diet.

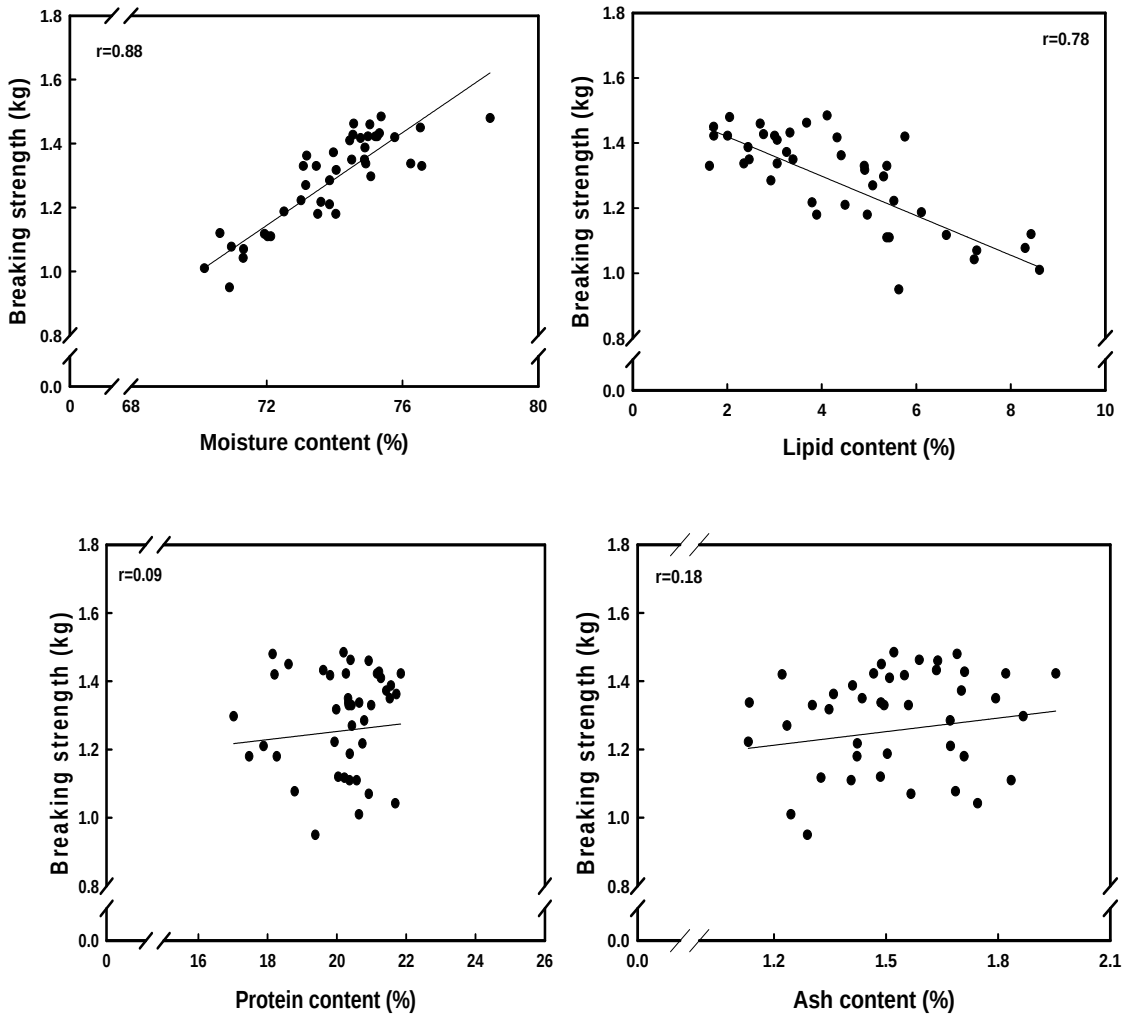


Fig. 2-1-32. Relationship of each elements for the quality judgment in Red seabream by diet composition.

(5) 어체 크기에 따른 근육의 물리·화학적 차이

(가) 참돔

1) 각 성분의 비교

어체 크기를 0.7~0.9 kg, 1.0~1.2 kg, 1.5~1.7 kg의 3구간으로 나누어서 각 성분을 조사하여 어체의 크기에 따른 성분과의 관계를 조사하였다. 어체 크기와 수분함량간의 상관성을 살펴보면, 각 개체에 대한 수분함량은 차이는 나타나고 있지만, 어체 크기에 따른 유의적 차이는 보이고 있지 않았다. 지질함량 또한 수분함량과 마찬가지로 각 개체에 대한 고유의 지질함량을 가지고 있지만, 어체 크기에 따른 유의적 차이는 없었다(Table 2-1-4). 어체 크기에 따른 콜라겐함량을 살펴보면, 콜라겐함량 또한 각 개체 별로 고유의 함량을 가지고 있었다. Touhata et al. (1998)은 연중 성별에 따른 참돔의 성분변화와 육질의 단단함과의 상관관계에 대하여 보고하였다. 이 보고에는 근육의 단단함은 산란후인 7월에 감소하였는데, 이 결과들로 육질의 단단함은 산란과 성적성숙에 의존된다고 하였다. 이 보고에서는 육질의 단단함을 결정하는 중요한 요인으로 콜라겐함량으로 보고 있다. 또한 파괴강도의 증가와 감소는 콜라겐의 합성과 분해에 의한 것으로 언급하였다. 따라서 수분과 지질함량에 대한 상관관계를 성립하게 되면 자연히 콜라겐함량은 높고 파괴강도도 높은 양질의 활어가 될 수 있을 것으로 판단된다. 어체 크기에 따른 파괴강도의 차이는 나타나지 않았다. 0.7~0.9 kg인 참돔의 평균 파괴강도는 1.16±0.30 kg이었으며, 1.0~1.2 kg에서는 1.52±0.33의 평균 파괴강도가 나타났다. 다음으로 1.5~1.7 kg의 크기의 참돔의 평균 파괴강도는 1.18±0.28 kg을 나타내었다. 그러므로 활어의 품질은 어체 크기에 큰 영향을 받지 않는 것으로 판단되어지며, 수분과 지질함량, 파괴강도값이 품질판정의 중요한 요인이 될 것으로 보인다.

2) 각 지표물질간의 상관성 비교

Table 2-1-5는 어체 크기에 따른 각 성분의 피어선 상관계수를 나타내고 있다. 어체 크기와 수분, 지질, 콜라겐함량 및 파괴강도는 상관성이 없었다 ($p>0.05$). 그러나, 파괴강도와 수분, 지질, 콜라겐함량은 상관성이 있었다 ($p<0.05$). 이 결과들을 종합하여 보면, 앞에서의 운동 유무와 운동 횟수에 의하여 수분함량이 증가하고 반면 지질함량이 감소하였으며, 이로 인하여 파괴강도는 증가하였다. 육질의 단단함에 가장 큰 영향을 주는 콜라겐함량은 동일 어종과 동일 크기에서는 큰 영향을 주지 못하는 것을 확인 할 수 있었다. 그리고,

어체 크기에 따른 각 성분들을 조사하여 보았을 때, 어체 크기에 따라서 수분과 지질함량은 차이가 없으며 수분과 지질함량의 차이에 의해서 파괴강도가 영향을 받고 있었다. 즉 양식산 참돔의 품질을 결정하는 육질의 단단함은 수분과 지질함량 그리고 파괴강도와의 상관관계를 가지는 것을 확인하였다.

(나) 넙치

1) 각 성분의 비교

0.7~0.8 kg, 1.0~1.2 kg, 1.5~1.7 kg의 크기에 따른 넙치의 성분을 조사하였다(Table 2-1-6). 먼저, 수분함량은 0.7~0.8 kg의 크기의 넙치의 평균수분은 74.81±0.90%이였으나, 1.0~1.2 kg의 넙치에서는 76.44±0.78%의 평균 수분함량을 나타내었다. 그리고 1.5~1.7 kg의 넙치는 평균 수분함량이 75.55±1.05%이었다. 상대적으로 지질함량은 2.31±0.59%, 1.06±0.31%, 1.52±0.91%로 나타났다. 콜라겐함량에서는 어체 크기에 따라서 1.23±0.61 mg/g, 2.13±0.41 mg/g, 2.15±0.76 mg/g으로 나타났다. 마지막으로 파괴강도는 1.23±0.16 kg, 1.45±0.13 kg, 1.34±0.19 kg 으로 나타났다. Table 2-1-7은 양식산 넙치의 품질판정을 위하여 조사된 근육의 체성분간의 상관성을 피어슨 상관계수를 나타내었다. 어체의 무게, 수분함량, 지질함량, 콜라겐함량, 파괴강도의 상관성을 살펴보면 파괴강도는 어체 크기를 제외하고 모두 상관관계를 가지는 것으로 나타났으며, 그 상관계수는 각각 0.711, -0.692, 0.713로 나타났다($p<0.05$). 더불어 콜라겐함량은 수분함량과는 양의 상관성을 지질함량과는 음의 상관성을 나타내고 있었다($p<0.05$). 따라서 품질 지표로서 수분, 지질, 콜라겐함량 및 파괴강도가 사용가능하다고 생각된다. Sato et al. (1986)은 22종의 어류에 대하여 유영운동을 한 어류에서의 근육 콜라겐이 생육의 texture 평가에 미치는 연구를 실시한 결과, 구부리는 동작을 많이 하는 유연한 부위의 근육에는 콜라겐 분포가 높았고 근육 콜라겐은 얇게 썰은 생육에도 질기게 느껴지는 요인으로 기여한다고 보고하였다. 따라서 한정된 면적 안에서 양식되는 양식어는 운동량이 부족하기 쉬우므로 결체조직의 발달이 떨어질 가능성이 있고 이런 차이는 지방함량과 더불어 육질의 단단함에 영향을 미쳐 육질이 더 연하게 나타난다.

(다) 기타 어종

조피볼락, 숭어, 양식산 농어, 수입산 농어도 앞에서 언급된 참돔과 넙치의 경우와 마찬가지로 크기에 따라 파괴강도는 상관성을 가지지 못했다(2-1-8).

조피볼락에서 크기에 따른 파괴강도와의 상관성은 -0.405, 숭어는 -0.231, 양식산 농어는 -0.214, 수입산 농어는 -0.182로 나타났으며, 유의성은 없었다. 그러므로 양식산 활어의 품질이 비만도만으로 양질의 육질을 가진 활어를 생산하지 못한다는 것을 단적으로 보여주었다.

Table 2-1-4. Contents of moisture, lipid, collagen and breaking strength in Red seabream by body weight

Sample	Moisture content (%)	Lipid content (%)	Collagen content (mg/g)	Breaking strength (kg)
0.7~0.9 kg				
A	68.47±0.20	11.61±0.03	1.59±0.05	0.97±0.21
B	70.99±0.56	8.03±0.17	1.17±0.05	1.11±0.22
C	73.68±0.17	5.06±0.03	3.36±0.09	1.40±0.31
Total	**71.05±2.61**	**8.24±3.28**	**2.04±1.04**	**1.16±0.30**
1.0~1.2 kg				
A	72.61±0.24	7.30±0.11	2.00±0.09	1.61±0.20
B	66.25±0.47	12.88±0.06	1.55±0.04	1.23±0.45
C	72.10±0.20	6.55±0.14	2.52±0.05	1.65±0.20
Total	**70.32±3.53**	**8.91±3.46**	**2.03±0.44**	**1.52±0.33**
1.5~1.7 kg				
A	71.09±0.13	7.84±0.17	2.11±0.03	1.10±0.16
B	72.52±0.01	6.50±0.23	2.05±0.00	1.04±0.10
C	66.45±0.07	14.18±0.13	0.92±0.07	0.96±0.20
D	73.27±0.17	5.23±0.01	1.64±0.06	1.28±0.39
E	72.38±0.09	6.55±0.09	1.90±0.12	1.43±0.15
Total	**71.14±2.74**	**8.06±3.54**	**1.72±0.46**	**1.18±0.25**

Table 2-1-5. Regression coefficients of second order polynomials presenting relationship between weight, moisture content, lipid content, collagen content and breaking strength

	Weight	Moisture content	Lipid content	Collagen content	Breaking strength
Weight	1.000				
Moisture content	0.260 (0.440)	1.000			
Lipid content	-0.269 (0.425)	-0.986* (p<0.001)	1.000		
Collagen content	-0.069 (0.840)	0.647* (0.031)	-0.663* (0.026)	1.000	
Breaking strength	-0.143 (0.676)	0.765* (0.006)	-0.765* (0.006)	0.730* (0.011)	1.000

*Correlation is significance at the 0.05 level.

Table 2-1-6. Contents of moisture, lipid, collagen and breaking strength in Olive flounder by body weight

Weight	Moisture content (%)	Lipid content (%)	Collagen content (mg/g)	Breaking strength (kg)
0.7~0.8 kg				
0.58	75.36±0.26	1.94±0.00	1.05±0.08	1.4±0.11
0.76	73.48±0.09	3.21±0.04	0.69±0.03	1.12±0.23
0.73	74.27±0.06	2.59±0.10	0.66±0.00	1.01±0.11
0.62	75.56±0.38	1.99±0.11	1.89±0.02	1.20±0.29
0.70	75.37±0.23	1.80±0.03	1.86±0.04	1.24±0.21
Total	**74.81±0.90**	**2.31±0.59**	**1.23±0.61**	**1.23±0.16**
1.0~1.2 kg				
1.24	76.49±0.06	1.03±0.07	2.03±0.04	1.47±0.20
1.26	77.32±0.06	0.81±0.01	2.54±0.04	1.55±0.30
1.32	75.80±0.22	1.66±0.73	1.70±0.05	1.41±0.15
1.20	77.36±0.13	0.82±0.07	2.30±0.18	1.51±0.22
1.20	76.22±0.29	1.00±0.03	1.62±0.08	1.21±0.24
1.24	75.45±0.14	1.04±0.09	2.58±0.01	1.56±0.23
Total	**76.44±0.78**	**1.06±0.31**	**2.13±0.41**	**1.45±0.13**
1.5~1.7 kg				
1.50	75.20±0.13	2.03±0.12	1.83±0.14	1.53±0.30
1.50	74.37±0.11	2.54±0.02	1.36±0.04	1.08±0.09
1.47	75.63±0.04	0.81±0.01	2.23±0.03	1.39±0.01
1.57	75.42±0.10	0.70±0.01	3.16±0.10	1.38±0.26
Total	**75.55±1.05**	**1.52±0.91**	**2.15±0.76**	**1.34±0.19**

Table 2-1-7. Regression coefficients of second order polynomials representing relationship between weight, moisture content, lipid content, collagen content and breaking strength

	Weight	Moisture content	Lipid content	Collagen content	Breaking strength
Weight	1.000				
Moisture content	0.273 (0.324)	1.000			
Lipid content	-0.503 (0.056)	-0.833* (p<0.001)	1.000		
Collagen content	0.589* (0.021)	0.631* (0.012)	-0.851* (p<0.001)	1.000	
Breaking strength	0.342 (0.213)	0.711* (0.003)	-0.692* (0.004)	0.713* (0.003)	1.000

*Correlation is significance at the 0.05 level.

Table 2-1-8. Regression coefficients of second order polynomials representing relationship between weight, moisture content, lipid content, collagen content and breaking strength in various fish

	Weight			
	Korean rockfish	Mullet	Cultured sea bass	Imported sea bass
Moisture content	-0.238 (0.374)	-0.266 (0.320)	0.088 (0.756)	-0.042 (0.883)
Lipid content	0.395 (0.129)	0.031 (0.908)	0.429 (0.110)	0.109 (0.700)
Collagen content	0.611* (0.012)	-0.224 (0.404)	-0.045 (0.873)	0.442 (0.099)
Breaking strength	-0.405 (0.120)	-0.231 (0.389)	-0.214 (0.444)	-0.182 (0.517)

*Correlation is significance at the 0.05 level.

(6) 어종에 따른 각 지표물질의 상관성 비교

(가) 농어

양식산 활어의 품질판정을 위한 물리, 화학적인 지표로써 파괴강도값과 상관성을 가지는 수분, 지질, 콜라겐 함량을 어종별에 따라 각 성분의 상관성을 살펴보았다. Fig. 2-1-33은 물리·화학적 품질지표인 파괴강도와 지표간의 상관성을 살펴보았다. 파괴강도와 수분, 지질, 콜라겐함량간의 상관성은 유의적인 차이를 나타내었다(Table 2-1-9).

(나) 수입산 농어

양식산 활어의 품질판정을 위한 물리, 화학적인 지표로써 파괴강도값과 상관성을 가지는 수분, 지질, 콜라겐 함량의 상관성을 Fig. 2-1-34에 나타내었다. Fig. 2-1-33에 나타낸 결과와 마찬가지로, 파괴강도와 지표사이에 유의적인 상관성을 나타내었다. 농어의 결과보다는 파괴강도와 수분, 지질함량간의 상관성이 높게 나타났으며, 콜라겐 함량과의 상관성은 다소 낮았다(Table 2-1-10). 그러므로 품질지표의 기준으로 선정된 파괴강도값이 수분, 지질함량간의 높은 상관성으로 나타내고 있으며, 이들 값을 이용하여 적용한다면 현장에서 간단히 양식산 활어의 품질 판정이 가능할 것으로 판단된다.

(다) 숭어

양식산 숭어는 파괴강도의 수분의 상관계수는 0.81, 파괴강도와 지질함량간의 상관계수는 0.72, 파괴강도와 콜라겐의 상관계수는 0.64를 보여주고 있으며(Fig. 2-1-35), 각 성분간의 상관성은 피어슨 상관계수를 이용하여 유의성을 조사하였다(Table 2-1-11). 앞에서 언급된 결과와 마찬가지로, 파괴강도가 수분, 지질, 콜라겐과의 유의적인 상관성을 가진다.

(라) 조피볼락

조피볼락에서도 앞에서 언급된 바와 같이 파괴강도와 수분, 지질, 콜라겐이 유의적인 차이를 가졌다(Fig. 2-1-36, Table 2-1-12).

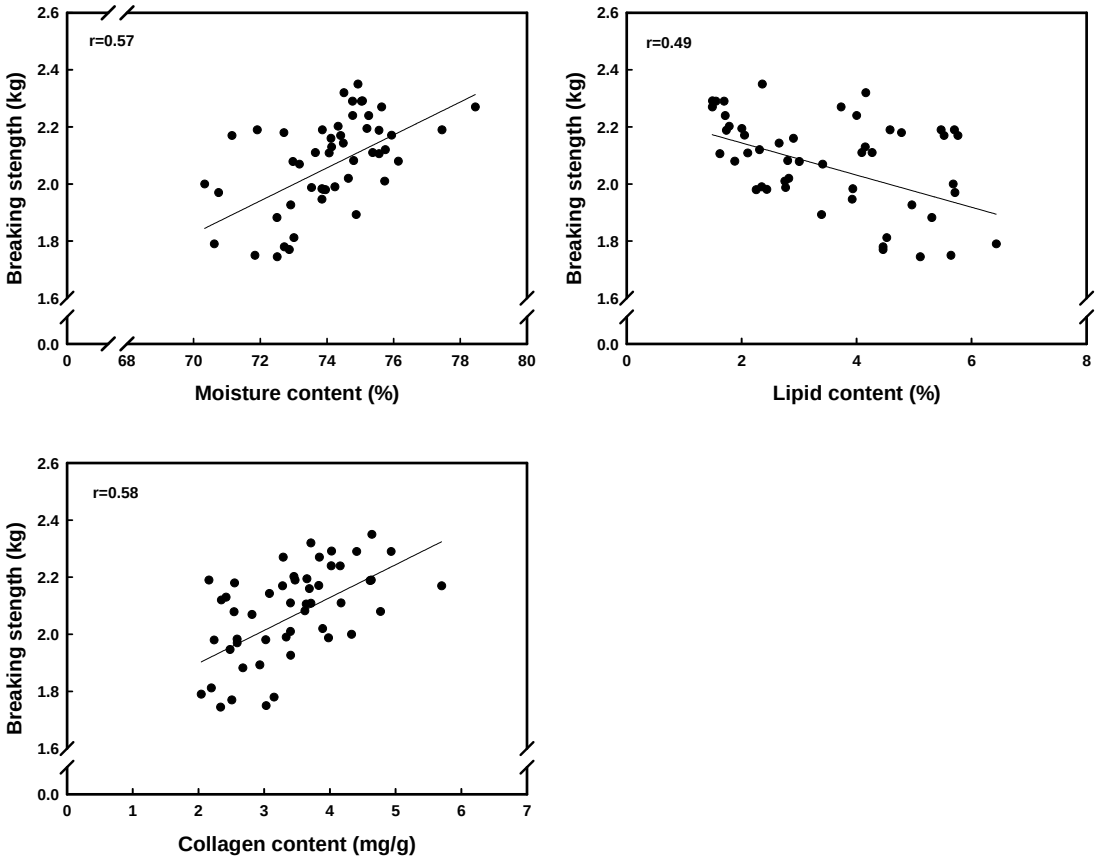


Fig. 2-1-33. Relationship of each elements for the quality judgment in Sea bass.

Table 2-1-9. Regression coefficients of second order polynomials representing relationship between moisture content, lipid content, collagen content and breaking strength on the Sea bass

	Moisture content	Lipid content	Collagen content	Breaking strength
Moisture content	1.000			
Lipid content	-0.650* (p<0.001)	1.000		
Collagen content	0.302* (0.033)	-0.308* (0.030)	1.000	
Breaking strength	0.545* (p<0.001)	-0.455* (0.001)	0.560* (p<0.001)	1.000

*Correlation is significance at the 0.05 level.

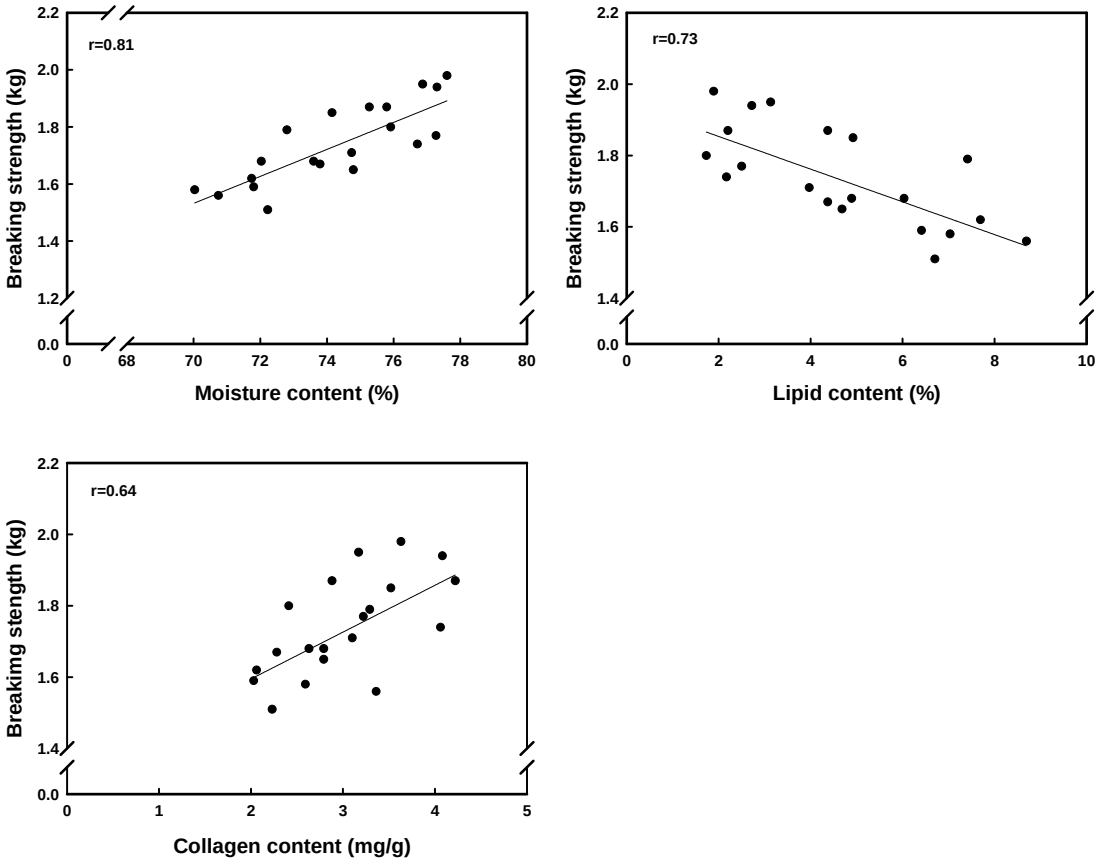


Fig. 2-1-34. Relationship of each elements for the quality judgment in Sea bass which is imported.

Table 2-1-10. Regression coefficients of second order polynomials representing relationship between moisture content, lipid content, collagen content and breaking strength on the Sea bass which is imported

	Moisture content	Lipid content	Collagen content	Breaking strength
Moisture content	1.000			
Lipid content	-0.916* (p<0.001)	1.000		
Collagen content	0.557* (0.011)	-0.493* (0.027)	1.000	
Breaking strength	0.813* (p<0.001)	-0.719* (p<0.001)	0.643* (0.002)	1.000

*Correlation is significance at the 0.05 level.

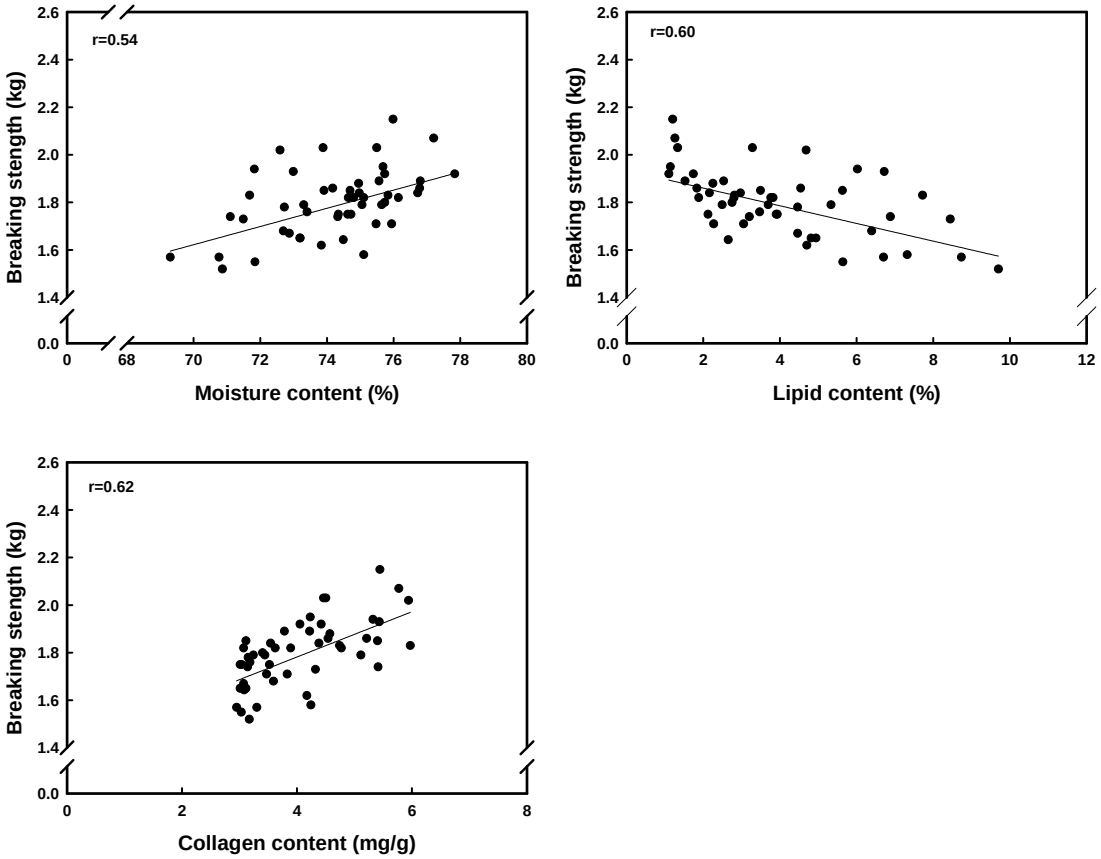


Fig. 2-1-35. Relationship of each elements for the quality judgment in Mullet.

Table 2-1-11. Regression coefficients of second order polynomials representing relationship between moisture content, lipid content, collagen content and breaking strength on the Mullet

	Moisture content	Lipid content	Collagen content	Breaking strength
Moisture content	1.000			
Lipid content	-0.863* (p<0.001)	1.000		
Collagen content	0.065 (0.653)	0.010 (0.944)	1.000	
Breaking strength	0.509* (p<0.001)	-0.574* (p<0.001)	0.629* (p<0.001)	1.000

*Correlation is significance at the 0.05 level.

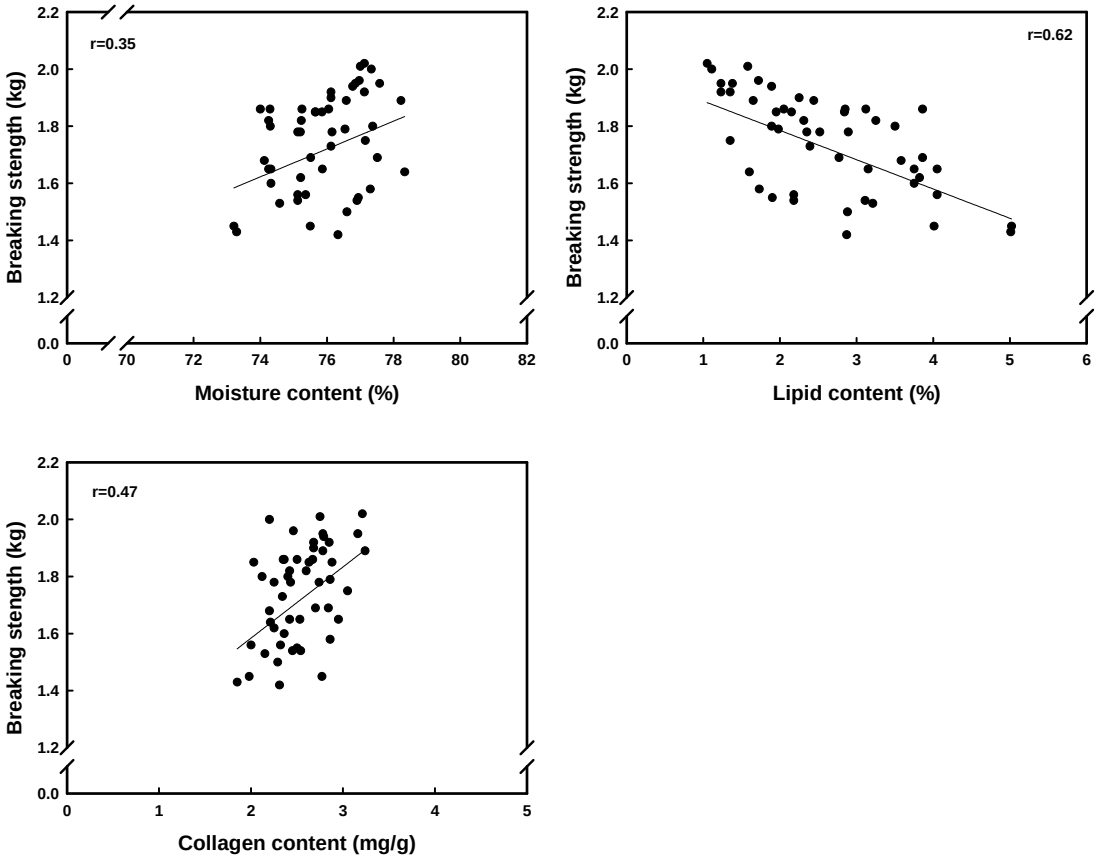


Fig. 2-1-36. Relationship of each elements for the quality judgment in Korean rockfish.

Table 2-1-12. Regression coefficients of second order polynomials representing relationship between moisture content, lipid content, collagen content and breaking strength on the Korean rockfish.

	Moisture content	Lipid content	Collagen content	Breaking strength
Moisture content	1.000			
Lipid content	-0.786* (p<0.001)	1.000		
Collagen content	0.540* (p<0.001)	-0.520* (p<0.001)	1.000	
Breaking strength	0.366* (0.009)	-0.631* (p<0.001)	0.462* (0.001)	1.000

*Correlation is significance at the 0.05 level.

(바) 수입산 및 자연산 참돔

수입산과 자연산 참돔에서도 품질판정 지표간의 높은 상관성을 나타내고 있다. 이는 우리나라에서 횟감용으로 주로 소비되고 있는 농어, 숭어, 우럭, 참돔, 수입산과 자연산을 품질판정 지표간에 유의적인 상관성을 가지므로, 이들 값을 이용하게 되면 어종에 따라서 파괴강도값이 수분과 지질함량, 일부 어종에서는 콜라겐함량과의 상관성을 높은 상관성을 나타내고 있다.

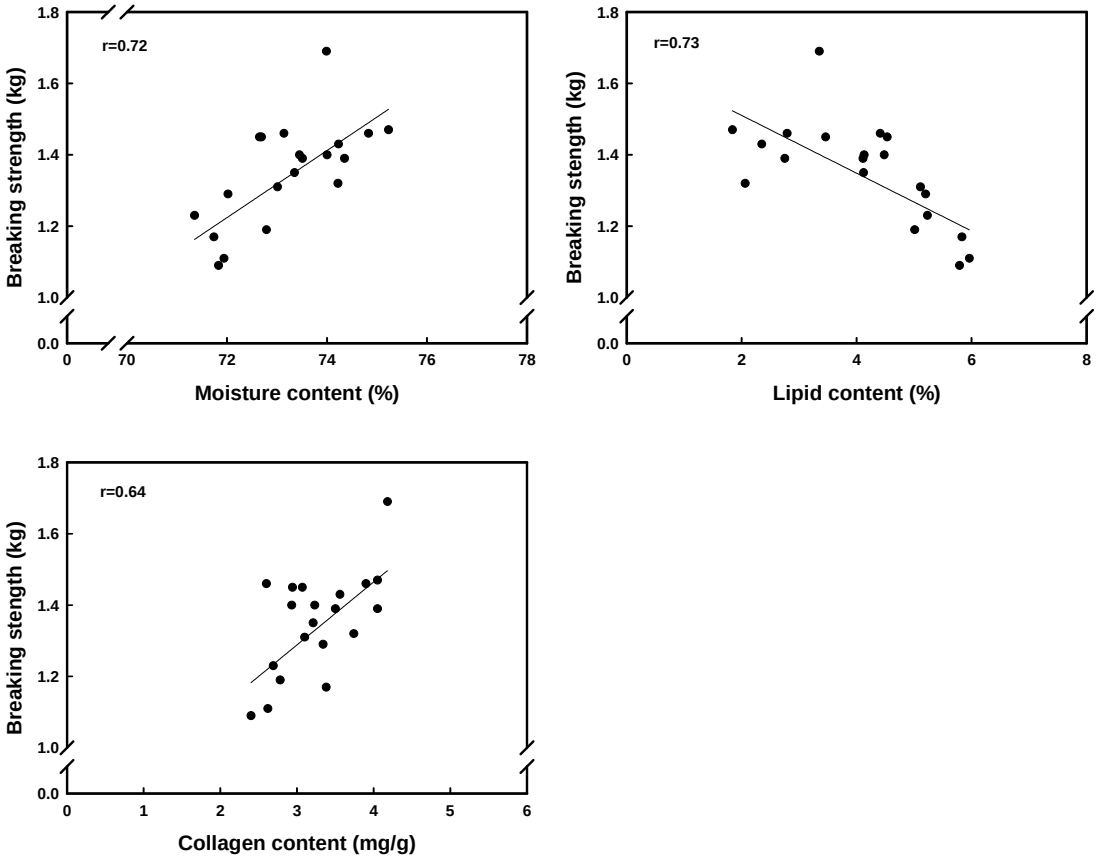


Fig. 2-1-37. Relationship of each elements for the quality judgment in Red seabream which is imported.

Table 2-1-13. Regression coefficients of second order polynomials representing relationship between moisture content, lipid content, collagen content and breaking strength on Red seabream which is imported.

	Moisture content	Lipid content	Collagen content	Breaking strength
Moisture content	1.000			
Lipid content	-0.832* (p<0.001)	1.000		
Collagen content	0.743* (p<0.001)	-0.758* (p<0.001)	1.000	
Breaking strength	0.678* (0.001)	-0.676* (0.001)	0.616* (0.004)	1.000

*Correlation is significance at the 0.05 level.

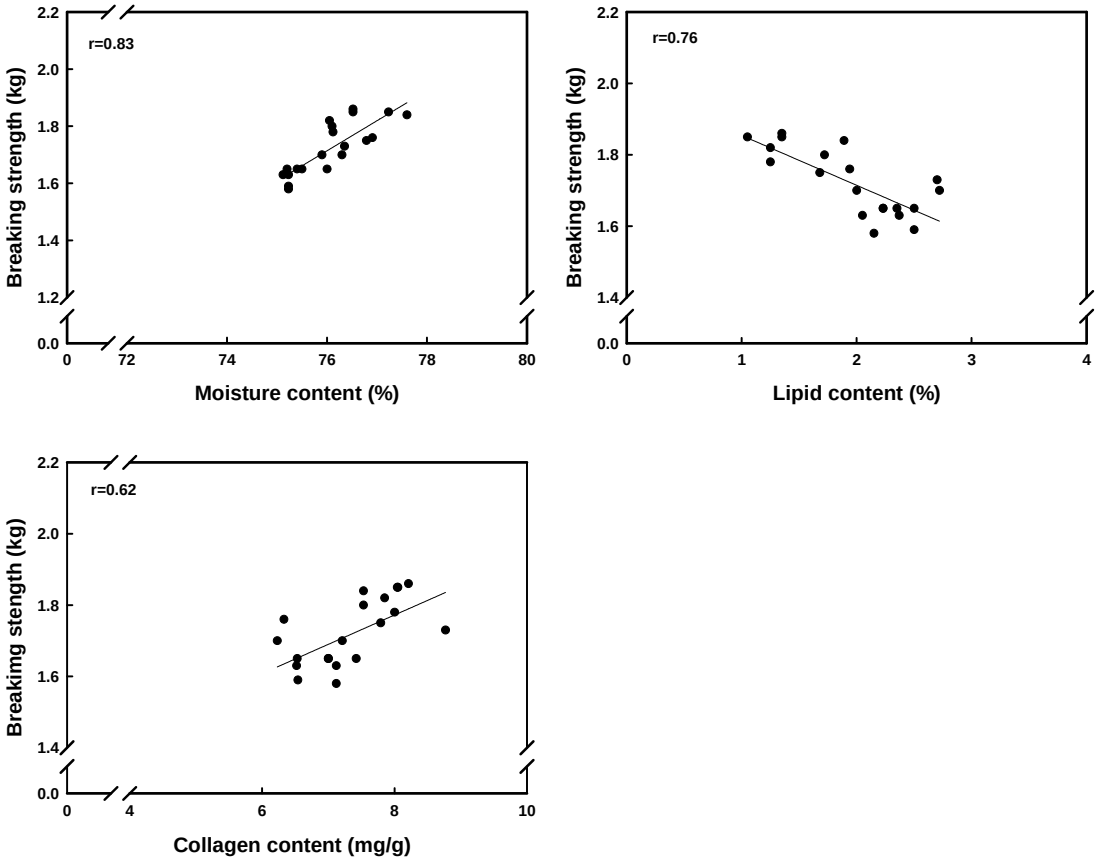


Fig. 2-1-38. Relationship of each elements for the quality judgment in wild Red seabream

Table 2-1-14. Regression coefficients of second order polynomials representing relationship between moisture content, lipid content, collagen content and breaking strength on the wild Red seabream

	Moisture content	Lipid content	Collagen content	Breaking strength
Moisture content	1.000			
Lipid content	-0.784* (p<0.001)	1.000		
Collagen content	0.523* (0.018)	-0.689* (0.001)	1.000	
Breaking strength	0.824* (p<0.001)	-0.773* (p<0.001)	0.210 (0.375)	1.000

*Correlation is significance at the 0.05 level.

다. 효소 화학적 방법에 의한 품질지표의 설정

(1) 운동 유무에 의한 효소·화학적 변화

(가) ATP 관련화합물 및 AEC

Table 2-1-15는 운동 사육구와 비운동 사육구의 ATP 관련 화합물과 AEC에 대하여 살펴보았다. 운동 사육구와 비운동 사육구에서 ATP 관련 화합물의 변화를 보면, 운동 0일차의 ATP 함량은 8.79±0.50 μmol/g이었지만 15일차에는 6.35±2.48 μmol/g로 운동기간에 따라 ATP 함량은 약간의 감소를 보이면서 20일차에는 ATP 함량이 7.76±0.45 μmol/g으로 나타났다. 또한 운동 0일차의 ADP 함량은 0.87±0.15 μmol/g이었지만 20일차에는 1.43±0.35 μmol/g로 ATP의 소모만큼 약간의 증가를 보이고 있다. 반면, 비운동 사육구에서 0일차의 ATP 함량은 7.07±1.58 μmol/g이었지만 15일차에는 6.75±0.91 μmol/g, 20일차에서는 7.70±1.48 μmol/g으로 나타났다. AEC 수치는 평균적으로 운동 사육구에서 0.88±0.04, 비운동 사육구에서 0.89±0.02으로 나타났으며 New AEC 수치는 AEC 수치와 비슷하게 나타났다. 본 연구에서 건강상태가 양호하고 외관상으로 표피, 안구가 뚜렷한 운동 사육구에서 평균적으로 AEC 수치는 0.88±0.04으로 나타났고 비운동 사육구에서는 0.89±0.02으로 나타났다. 하지만 운동 사육구에서 15일째의 참돔 1마리가 상피세포의 박리와 염증이 나타났으며 이때의 AEC 수치는 0.74로 나타났다.

ATP 관련 화합물의 함량은 사육기간 동안에 거의 변화를 보이지 않았으며 운동 사육구의 ATP 함량은 약간의 감소를 보이지만 유의적 차이를 보이지 않았다. 이는 ATP의 농도를 항상 일정하게 유지하도록 근육 세포 내의 대사계가 특수화되어 있기 때문에 단시간의 운동에 의하여 소비된 ATP는 creatine phosphate가 creatine kinase에 의하여 ADP와 반응하여 ATP가 재생되는 경로와 adenylate kinase라는 효소에 의하여 2분자의 ADP로부터 1분자의 ATP가 재생되는 반응 경로로 재생되었기 때문이다. Franklin et al. (1996)는 청어를 온도별로 3분 동안 운동을 시킨 후 물질대사의 회복에 대하여 살펴 본 결과, 운동 직후 ATP 함량이 75%감소하지만 60～120분 후에는 원래의 함량으로 회복되고 ADP와 AMP의 함량은 큰 변화가 없는 것으로 보고하였다.

(나) ATPase activity

어류의 근육단백질은 어육의 품질과 선도에 중요한 영향을 미친다. 어류

의 근원섬유단백질이 아주 불안정하기 때문에 같은 시료에서 많은 지표를 동시에 측정하기가 곤란하다. 따라서 반응 속도론적 해석이 가능하고 수치화하기 쉽고, 많은 시료의 비교 측정이 용이한 ATPase 활성을 단백질 변성의 지표로 사용한다. 참돔의 근원섬유에 있어서 Ca^{2+}이 존재할 때 Mg^{2+}-ATPase 활성의 변화는 운동시키기 전 운동 사육구의 Mg^{2+}-ATPase 활성은 0.35 μmol Pi/min · mg였으며, 비운동 사육구에서는 0.34 μmol Pi/min · mg으로 ATPase 활성이 비슷하게 나타났다. 운동 사육구의 운동기간이 증가할수록 ATPase 활성이 증가하여 운동 20일에는 0.42 μmol Pi/min · mg의 함량을 나타내었으나, 비운동 사육구에서는 큰 차이를 보이지 않았다. 그러나 근원섬유에 Ca^{2+}가 첨가되지 않았을 때 Mg^{2+}-ATPase 활성은 운동시키기 전에 각각 0.10 μmol Pi/min · mg, 0.14 μmol Pi/min · mg로 비운동 사육구가 운동 사육구에 비하여 Mg^{2+}(-Ca^{2+})-ATPase 활성이 높았으며 사육기간 동안 활성이 서서히 감소하는 경향을 나타내었지만 운동 사육구에서는 큰 차이를 보이지 않았다. 한편, Ca^{2+}-ATPase 활성은 운동 사육구와 비운동 사육구에서 사육기간 동안 큰 변화를 보이지 않았다(Fig. 2-1-39). ATPase 활성은 운동기간에 따른 약간의 차이는 보이고 있으나, 참돔을 즉살시킬 때 작용할 수 있는 요인들이 근수축에 관여하여 actin과 myosin이 actomyosin의 결합으로 발생하는 장력이 ATPase 활성을 높이거나 낮추기 때문에 객관적인 자료로써 사용하기는 부적합하다고 판단된다.

Table 2-1-15. Changes in ATP related compounds and AEC value in Red seabream muscle during no exercise and exercise

(unit : μmole/g)

		ATP	ADP	AMP	IMP	AEC	New AEC
No exercise	0 day	6.57	0.99	0.47	0.05	0.88	0.88
		5.81	0.90	0.45	0.14	0.87	0.88
		8.84	0.79	0.40	0.11	0.92	0.92
	5 day	8.12	0.88	0.60	0.07	0.89	0.89
		5.80	0.85	0.46	0.11	0.88	0.88
		7.53	0.97	0.44	0.54	0.90	0.90
	10 day	9.11	1.08	0.63	0.09	0.89	0.89
		6.05	0.80	0.53	0.13	0.87	0.88
		6.05	0.98	0.47	1.19	0.87	0.89
	15 day	7.35	0.84	0.35	0.80	0.91	0.92
		5.70	0.79	0.50	0.13	0.87	0.87
		7.18	0.89	0.43	0.52	0.90	0.90
	20 day	7.56	0.92	0.56	0.00	0.89	0.89
		6.30	0.88	0.57	0.13	0.87	0.87
		9.24	0.93	0.49	0.14	0.91	0.91
Exercise	0 day	8.63	1.05	0.64	0.10	0.89	0.89
		8.39	0.80	0.45	0.01	0.91	0.91
		9.36	0.77	0.54	0.05	0.91	0.91
	5 day	8.50	1.15	0.57	0.11	0.89	0.89
		8.10	0.90	0.39	0.01	0.91	0.91
		8.25	1.12	0.57	0.08	0.89	0.89
	10 day	8.09	0.99	0.52	0.09	0.89	0.90
		7.81	0.62	0.33	0.00	0.93	0.93
		8.14	1.06	0.63	0.07	0.88	0.88
	15 day	7.86	1.21	0.63	0.09	0.87	0.87
		7.71	1.09	0.49	0.01	0.89	0.89
		3.49	1.14	0.87	0.07	0.74	0.74
	20 day	7.24	1.75	0.31	0.13	0.87	0.87
		8.10	1.06	0.66	0.02	0.88	0.88
		7.95	1.48	0.67	0.05	0.86	0.86

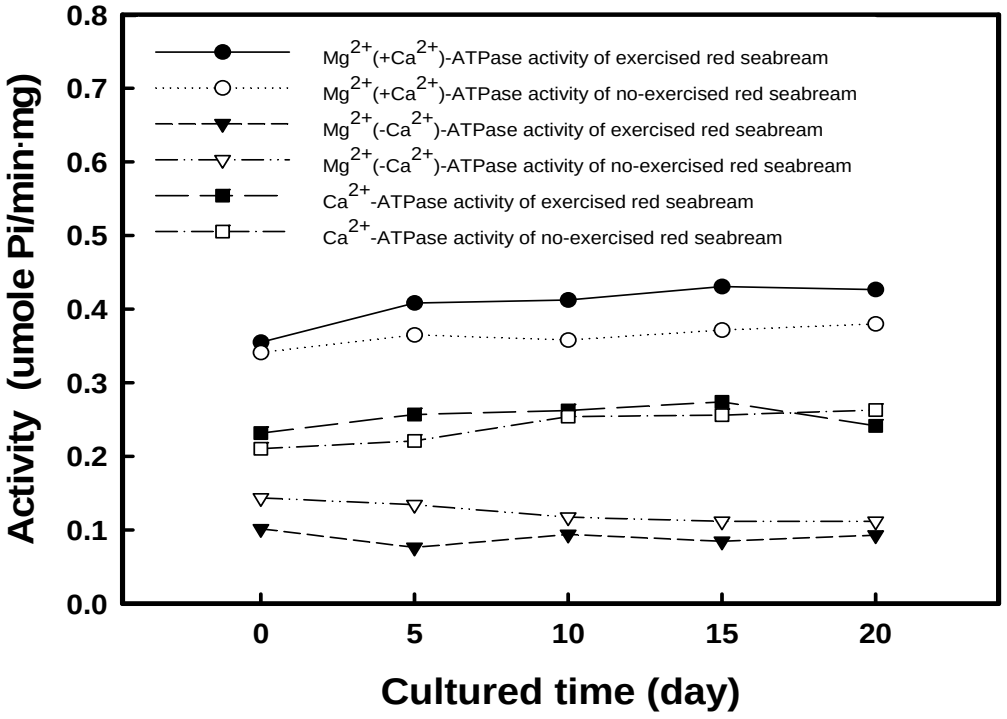


Fig. 2-1-39. Changes of myofibrillar ATPase activity in Red seabream during cultured.

(2) 운동 횟수에 따른 효소·화학적 변화

2회/일 운동시킨 근육에서의 ATP 함량은 0일차에 8.98±0.34 μmole/g, 10일차에 8.00±0.78 μmole/g, 20일차에 7.95±0.93 μmole/g으로 사육기간 동안 약간의 감소를 보이고 있었다. 반면에 ADP 함량은 사육기간 동안 약간의 증가를 보이고 있었다(Table 2-1-16). 1회/일 운동시킨 근육에서의 ATP 함량은 0일차에 9.12±0.21 μmole/g, 5일차에 8.47±0.28 μmole/g, 10일차에 4.60±2.21 μmole/g, 15일차에 8.49±0.20 umole/g, 20일차에 8.24±0.41 μmole/g으로 나타났다. ADP 함량은 0일차에 1.06±0.14 μmole/g, 10일차 0.99±0.10 μmole/g, 20일차에 1.09±0.18 μmole/g으로 나타났다(Table 2-1-16). AEC 수치는 평균적으로 2회/일 운동시킨 사육구에서 0.88±0.04으로 나타났고 1회/일 운동시킨 사육구에서 0.88±0.03으로 나타났다. 또한 New AEC 수치는 AEC 수치와 비슷하게 나타났다.

운동 횟수에 따른 비교에서, 1회/일 운동 사육구 10일째의 참돔 1마리와 2회/일 운동 사육구 15일째의 참돔 2마리에서 상피세포의 박리와 염증 및 안구의 백탁 현상이 나타났다. 이때 1회/일 운동 사육구의 AEC 수치는 0.79, 2회/일 운동 사육구의 AEC 수치는 각각 0.74, 0.82으로 나타났다. 운동이란 스트레스에 의하여 AEC 수치가 낮게 나타나지 않은 것은 Dunn and Johnston (1986)의 보고에서처럼 어류를 강제로 운동시킨 후 AEC 수치는 0.49로 나타나지만 휴식을 준 후에는 AEC 수치가 0.85로 회복된다고 하였다. 이는 ATP의 빠른 회복에 의하여 소비되었던 ATP가 재생되었기 때문이다. 본 연구에서도 참돔을 운동시킨 후 휴식을 주었기 때문에 소비되었던 ATP가 무·유산소 경로로 회복되어서 운동 사육구와 비운동 사육구의 AEC 수치가 큰 차이를 보이지 않은 것으로 사료된다.

어육에 있어 사후 ATP는 급속히 감소하고 IMP가 축적되는 것을 볼 수 있다. 이와 같이 IMP가 축적되는 것은 AMP를 탈아미노화하여 IMP로 만드는 adenylic acid deaminase의 활성이 큰데 비하여, IMP를 탈인산화하여 inosine으로 분해하는 inosinic acid phosphatase의 작용이 상대적 미약하기 때문이다. AEC 계산에 IMP 함량을 포함하여 New AEC 수치의 적용가능성을 살펴보았으나, 본 연구에서는 살아있는 활어를 즉살하여 신속하게 ATP 관련 화합물을 측정하였으므로, ATP 관련 화합물이 IMP까지 분해가 이루어지지 않아서 New AEC 와 AEC 수치가 큰 차이를 보이지 않고 있었다.

그러므로, ATP 관련 화합물이나 ATPase 활성, AEC 수치를 이용하여 활어

의 품질 판정을 시도하였으며 ATP 관련 화합물과 ATPase 활성은 어체의 생리조건, 치사조건, 죽기직전의 운동량, 저장조건에 따라 심한 차이를 보이고 있으므로 객관적 지표로 사용하기 힘들다. AEC 수치는 환경 및 물리적 스트레스에 대하여 생체 기관의 물질대사 평가가 지표로 사용됨에 따라 근육의 스트레스 정도를 판단하여 활어의 건강 상태를 측정하는 객관적 지표로 사용가능하다고 판단된다.

Table 2-1-16. Changes in ATP related compounds and AEC value in Red seabream muscle during the cultured by twice exercised and once exercised per a day

(unit : μmole/g)

		ATP	ADP	AMP	IMP	AEC	New AEC
Twice exercise	0 day	9.36	0.97	0.54	0.05	0.91	0.91
		8.88	1.07	0.57	0.19	0.90	0.90
		8.70	0.93	0.58	0.17	0.90	0.90
	5 day	8.25	1.12	0.57	0.08	0.89	0.89
		8.88	1.07	0.57	0.19	0.90	0.90
		8.70	0.93	0.58	0.17	0.90	0.90
	10 day	8.14	1.06	0.63	0.07	0.88	0.88
		8.70	0.93	0.58	0.17	0.90	0.90
		7.15	1.01	0.50	2.08	0.88	0.91
	15 day	3.49	1.14	0.87	0.07	0.74	0.74
		7.15	1.01	0.50	2.08	0.88	0.91
		8.98	1.00	0.62	0.26	0.89	0.90
	20 day	7.94	1.09	0.39	0.13	0.90	0.90
		7.02	1.22	0.55	0.18	0.87	0.87
		8.88	1.07	0.57	0.19	0.90	0.90
Once exercise	0 day	9.36	0.97	0.54	0.05	0.91	0.91
		8.98	1.00	0.62	0.26	0.89	0.90
		9.02	1.22	0.55	0.18	0.89	0.89
	5 day	8.55	0.90	0.53	0.13	0.90	0.90
		8.70	0.93	0.58	0.17	0.90	0.90
		8.15	1.01	0.50	2.08	0.90	0.91
	10 day	3.30	0.88	0.41	0.12	0.82	0.82
		3.35	1.08	0.48	0.16	0.79	0.80
		7.15	1.01	0.50	0.28	0.88	0.89
	15 day	8.30	0.88	0.48	0.13	0.90	0.91
		8.48	1.07	0.57	0.19	0.89	0.89
		8.70	0.93	0.58	0.17	0.90	0.90
	20 day	7.94	1.28	0.39	0.13	0.89	0.89
		8.08	1.07	0.57	0.19	0.89	0.89
		8.70	0.93	0.58	0.17	0.90	0.90

(3) 사료조성의 차이에 따른 효소·화학적 변화

고지방 및 저지방 사육구의 ATP 관련화합물 및 AEC를 살펴보면, 저지방 사육구는 사육기간에 따라서 활어의 건강도는 큰 문제가 없었다. 그러나 고지방 사육구는 60일 이후부터 ATP 함량과 AEC가 낮게 나타나고 있다. 즉 환경적인 스트레스로 인하여 활어의 건강도에 나쁜 영향을 미친 것으로 생각된다 (Table 2-1-17).

(4) 어체 크기에 따른 효소·화학적 변화

어체 크기에 따른 ATP 관련화합물의 변화는 0.7~0.9 kg의 크기를 가진 참돔에서는 ATP 함량이 8.41±0.25 μmole/g, 1.0~1.2 kg에서는 8.72±0.89 μmole/g, 1.5~1.7 kg에서는 7.80±1.36 μmole/g으로 나타났다. 반면에 ADP 함량은 0.7~0.9 kg의 크기를 가진 참돔에서는 1.08±0.14 μmole/g, 1.0~1.2 kg에서는 1.11±0.13 μmole/g, 1.5~1.7 kg에서는 0.76±0.25 μmole/g으로 나타났으며 어체 크기에 따른 ATP 관련화합물의 변화는 거의 없었으며, 평균적인 AEC 수치는 0.90±0.02으로 나타났다(Table 2-1-18). Table 2-1-19는 넙치의 ATP 관련화합물과 AEC를 나타낸 것으로, ATP 관련화합물은 정미성분, 선도판정 및 갈변현상의 관련물질로서 중요하며 주로 근육조직에 많다. 휴면 상태의 어류 근육에서 ATP 관련화합물의 80%이상을 ATP (adenosine triphosphate)가 차지하며, 시간이 경과하면 ADP (adenosine diphosphate), AMP (adenosine monophosphate)를 거쳐 IMP (inosine monophosphate)로 분해되고 이것은 다시 inosine (HxR)을 거쳐 hypoxanthin (Hx)로 분해 된다고 한다. 넙치의 경우 ATP 관련화합물의 변화는 거의 없으며 0.7~0.8 kg에서 ATP 함량은 6.88±0.91 μmole/g, 1.0~1.2 kg에서는 7.71±0.93 μmole/g 그리고 1.5~1.7 kg에서는 9.54±0.19 μmole/g으로 나타났다. AEC 수치는 0.90±0.01, 0.88±0.11, 0.89±0.01으로 나타났으며 더불어 외관상으로도 문제가 없었다.

Table 2-1-17. Contents of ATP related compounds and AEC during cultured time each diet in Red seabream

(unit : μmole/g)

		ATP	ADP	AMP	AEC
Low fat diet					
	0	9.13±0.21	0.86±0.04	0.40±0.05	0.92±0.00
	15	5.98±0.09	0.63±0.02	0.23±0.07	0.92±0.01
	30	7.71±1.41	0.74±0.01	0.32±0.03	0.92±0.02
	45	6.07±0.32	0.62±0.04	034±0.07	0.91±0.01
	60	6.28±0.04	0.77±0.14	0.33±0.04	0.90±0.00
	75	5.56±0.46	0.83±0.10	0.47±0.02	0.87±0.01
	90	7.35±0.52	0.80±0.07	0.48±0.09	0.90±0.01
High fat diet					
	0	5.33±1.20	0.88±0.22	0.40±0.01	0.87±0.03
	15	5.92±1.00	0.68±0.08	0.31±0.06	0.90±0.01
	30	6.43±1.45	0.71±0.10	0.39±0.01	0.90±0.02
	45	5.78±0.77	0.58±0.06	0.37±0.03	0.90±0.02
	60	4.37±0.97	0.82±0.17	0.43±0.00	0.85±0.04
	75	4.14±0.68	0.75±0.07	0.44±0.11	0.85±0.01
	90	3.72±2.20	0.80±0.00	0.54±0.08	0.80±0.08

Table 2-1-18. Changes in ATP related compounds and AEC value in Red seabream muscle by body weight

(unit : μmole/g)

	ATP	ADP	AMP	IMP	AEC	New AEC
0.7～0.9 kg						
	8.28	1.13	0.53	0.01	0.89	0.89
	8.25	1.18	0.48	1.30	0.89	0.90
	8.70	0.93	0.58	0.17	0.90	0.90
1.0～1.2 kg						
	9.42	0.97	0.65	0.01	0.90	0.90
	7.71	1.14	0.48	1.88	0.89	0.91
	9.02	1.22	0.55	0.18	0.89	0.89
1.5～1.7 kg						
	8.12	0.49	0.32	0.00	0.94	0.94
	6.31	0.79	0.28	0.75	0.91	0.92
	8.98	1.00	0.62	0.26	0.89	0.90

Table 2-1-19. Contents of ATP related compounds and AEC in Olive flounder by body weight

(unit : μmole/g)

Sample	ATP	ADP	AMP	AEC
0.7~0.9 kg	7.52	0.87	0.56	0.89
	6.24	0.90	0.33	0.90
Total	6.88±0.91	0.89±0.02	0.45±0.16	0.90±0.01
1.0~1.2 kg	8.37	0.98	0.65	0.89
	7.05	1.20	0.58	0.87
Total	7.71±0.93	1.09±0.16	0.62±0.05	0.88±0.01
1.5~1.7 kg	9.41	1.14	0.84	0.88
	9.68	1.05	0.69	0.89
Total	9.55±0.19	1.10±0.06	0.77±0.11	0.89±0.01

(5) 어종에 따른 효소·화학적 변화

(가) 농어

Table 2-1-20은 농어의 ATP 관련화합물 및 AEC를 나타낸 것이다. 평균적으로 ATP 함량은 5.96±1.60 μmole/g, ADP 함량은 0.95±0.15 μmole/g, AMP 함량은 0.17±0.05 μmole/g으로 나타났다. AEC는 0.91±0.01로 활어의 건강도는 양호하였다.

(나) 수입산 농어

Table 2-1-21는 농어의 ATP 관련화합물 및 AEC를 나타낸 것이다. 평균적으로 ATP 함량은 4.75±0.48 μmole/g, ADP 함량은 0.76±0.13 μmole/g, AMP 함량은 0.25±0.05 μmole/g으로 나타났다. 국내산 농어보다 ATP 및 ADP 함량은 낮게 나타났으며 상대적으로 AMP 함량은 높게 나타났다. AEC는 0.89±0.02로 평균적으로 국내산 농어보다는 낮게 나타났지만 활어의 건강도는 양호하였다.

Table 2-1-20. Contents of ATP related compounds and AEC in cultured Sea bass

(unit : μmole/g)

	ATP	ADP	AMP	AEC
A	6.96	1.04	0.22	0.91
B	6.16	0.72	0.22	0.92
C	7.41	0.98	0.25	0.91
D	8.89	1.00	0.18	0.93
E	9.48	1.24	0.25	0.92
F	5.90	0.93	0.22	0.90
G	4.19	0.80	0.14	0.90
H	5.41	1.17	0.15	0.89
I	6.85	1.14	0.22	0.90
J	6.64	1.15	0.19	0.90
K	4.60	0.87	0.08	0.91
L	7.64	1.01	0.19	0.92
M	4.35	0.75	0.13	0.90
N	4.26	0.87	0.13	0.89
O	5.23	0.82	0.13	0.91
P	5.71	0.88	0.12	0.92
Q	4.67	1.03	0.12	0.89
R	4.39	0.82	0.18	0.89
S	4.48	0.84	0.14	0.90
Total	5.96±1.60	0.95±0.15	0.17±0.05	0.91±0.01

Table 2-1-21. Contents of ATP related compounds and AEC in imported Sea bass

(unit : μmole/g)

Sample	ATP	ADP	AMP	AEC
A	5.02	0.88	0.24	0.89
B	5.50	0.81	0.32	0.89
C	4.71	0.59	0.25	0.90
D	4.52	0.60	0.33	0.88
E	4.06	0.59	0.24	0.89
F	4.94	0.92	0.23	0.89
G	5.30	0.69	0.25	0.90
H	5.23	0.89	0.23	0.89
I	4.18	0.89	0.28	0.86
J	5.04	0.65	0.24	0.90
K	4.29	0.78	0.28	0.88
L	3.94	0.88	0.28	0.86
M	4.86	0.65	0.17	0.91
N	4.86	0.86	0.18	0.90
Total	4.75±0.48	0.76±0.13	0.25±0.05	0.89±0.02

(다) 숭어

평균적으로 숭어의 ATP 함량은 6.71±0.39 μmole/g, ADP 함량은 0.95±0.11 μmole/g, AMP 함량은 0.10±0.04 μmole/g으로 나타났다(Table 2-1-22). 평균적으로 AEC는 0.93±0.01로 숭어의 건강도는 양호하였다. Suyama et al. (1977)의 연구에서 천연 및 양식산 은어의 품질비교에서 AMP, IMP, HxR, Hx이 검출되었고 그중 IMP의 함량이 가장 높았으며 ATP, ADP는 검출되지 않았고 기타성분은 큰 차이가 없다고 보고하였다.

이는 어획방법과 수송기관 등과 관련이 있는데 ATP 분해 생성물들은 시료어 처리조건, 채취 시 근육의 피로도 등에 따라 차이가 있는 것으로 보인다. 본 연구에서는 활어를 마취제로 안정화시킨 후, 즉살시킨 상태로 실험실로 운반하여 실험에 사용하였기 때문에 ATP 함량이 많이 검출된 것으로 사료된다.

(라) 조피볼락

Table 2-1-23은 조피볼락의 ATP 관련화합물을 나타낸 것으로 일반적으로 어육에서는 ATP로부터 IMP가 생성되는 과정까지의 분해반응이 신속히 진행되는 반면 IMP의 분해는 완만하기 때문에 주로 IMP가 많이 축적되고 ADP나 AMP는 소량씩 증가한다. ATP 관련화합물의 분해속도는 어체의 생리조건, 치사조건, 죽기직전의 운동량, 저장조건에 따라 심한 차이를 보인다. 스트레스받은 어류가 즉살한 어류에 비교하여 ATP 관련 화합물의 분해가 빨리 일어나고 공복이나 운동시킨 피로어는 죽은 직후에도 ATP는 극히 적고 IMP가 많은 것을 볼 수 있다. 평균적으로 조피볼락의 ATP 함량은 5.84±1.75 μmole/g, ADP 함량은 0.93±0.08 μmole/g, AMP 함량은 0.05±0.02 μmole/g으로 나타났다. 평균적으로 AEC는 0.92±0.04로 나타났으며 O의 개체가 AEC가 0.78로 나타났는데 외관상으로 안구의 백탁 현상과 헤엄칠 때에 힘이 없어 보였다.

Table 2-1-22. Contents of ATP related compounds and AEC in cultured Mullet

(unit : μmole/g)

Sample	ATP	ADP	AMP	AEC
A	5.63	0.96	0.06	0.92
B	6.28	0.85	0.06	0.93
C	6.67	0.90	0.09	0.93
D	6.65	1.02	0.13	0.92
E	6.80	1.12	0.11	0.92
F	7.14	0.95	0.13	0.93
G	6.71	0.98	0.10	0.92
H	6.84	0.89	0.11	0.93
I	6.44	0.99	0.08	0.92
J	7.18	1.03	0.04	0.93
K	6.53	1.03	0.13	0.92
L	7.20	0.94	0.09	0.93
M	6.59	1.14	0.09	0.92
N	6.93	0.78	0.20	0.93
O	6.81	0.81	0.05	0.94
P	7.02	0.82	0.08	0.94
Total	6.71±0.39	0.95±0.11	0.10±0.04	0.93±0.01

Table 2-1-23. Contents of ATP related compounds and AEC in cultured Korean rockfish

(unit : μmole/g)

Sample	ATP	ADP	AMP	AEC
A	6.58	0.96	0.06	0.93
B	7.83	0.91	0.04	0.94
C	5.74	0.97	0.04	0.92
D	7.23	0.97	0.03	0.94
E	7.84	0.94	0.03	0.94
F	5.98	0.88	0.05	0.93
G	7.84	0.95	0.03	0.94
H	6.49	0.77	0.07	0.94
I	6.00	0.93	0.07	0.92
J	3.67	1.01	0.08	0.88
K	5.02	0.86	0.06	0.92
L	6.56	1.05	0.08	0.92
M	4.12	1.08	0.05	0.89
N	5.76	0.94	0.04	0.92
O	1.16	0.80	0.05	0.78
P	5.64	0.84	0.05	0.93
Total	5.84±1.75	0.93±0.08	0.05±0.02	0.92±0.04

(마) 자연산 및 수입산 참돔

Table 2-1-24는 자연산 참돔의 ATP 관련화합물 및 AEC를 나타낸 것이다. 평균적으로 ATP 함량은 8.34±0.70 μmole/g, ADP 함량은 0.83±0.08 μmole/g, AMP 함량은 0.49±0.03 μmole/g으로 나타났다. 국내 양식산 참돔과 비교했을 때, ATP 관련화합물의 함량은 비슷하였다. AEC는 0.91±0.01로 평균적으로 국내산 참돔과 비슷하였으며 활어의 건강도는 양호하였다. Table 2-23은 수입산 참돔의 ATP 관련화합물 및 AEC를 나타낸 것이다. 평균적으로 ATP 함량은 5.30±1.20 μmole/g, ADP 함량은 0.65±0.11 μmole/g, AMP 함량은 0.32±0.05 μmole/g으로 나타났다. 국내 양식산 및 자연산 참돔과 비교했을 때, 수입산 참돔의 ATP 함량이 낮게 나타났고 활어의 건강도는 K개체를 제외하고는 양호하였다.

Table 2-1-24. Contents of ATP related compounds and AEC in wilded Red seabream

(unit : μmole/g)

Sample	ATP	ADP	AMP	AEC
A	8.87	0.82	0.46	0.91
B	7.54	0.75	0.48	0.90
C	8.61	0.92	0.52	0.90
Total	8.34±0.70	0.83±0.08	0.49±0.03	0.91±0.01

Table 2-1-25. Contents of ATP related compounds and AEC in imported Red seabream

(unit : μmole/g)

Sample	ATP	ADP	AMP	AEC
A	6.08	0.73	0.34	0.90
B	6.73	0.73	0.34	0.91
C	4.99	0.76	0.41	0.87
D	4.05	0.47	0.20	0.91
E	4.28	0.73	0.33	0.87
F	4.57	0.58	0.28	0.89
G	6.57	0.65	0.32	0.91
H	6.07	0.55	0.34	0.91
I	5.37	0.56	0.34	0.90
J	5.87	0.69	0.31	0.90
K	3.32	0.80	0.36	0.83
L	5.73	0.68	0.30	0.91
M	5.31	0.49	0.27	0.91
Total	5.30±1.02	0.65±0.11	0.32±0.05	0.90±0.02

제 2절 어종에 따른 품질 지표의 적용 및 수식화

1. 서론

본 절에서는 1절에서 언급한 바와 같이, 물리화학적 지표로써는 파괴강도값, 효소화학적 지표로써는 AEC값을 선정한 값을 이용하여 우리나라에서 주로 소비되는 횟감용 어종을 이용하여 품질 지표를 적용하고 그룹화를 시도하였다. 그러나 파괴강도값을 측정하기 위해서는 측정샘플 전처리가 중요한 요인으로 작용하며, 고가의 장비를 필요로 함으로 본 절에서는 파괴강도값에 가장 유의적 상관성을 가지는 수분함량, 지질함량, 콜라겐 함량을 이용하여 파괴강도식을 도출하였으며, 도출된 파괴강도식과 실제 파괴강도값의 정밀도를 검토하였다. 또한 부산시 소재의 계류장에서 무작위로 대상 활어를 구입하여 지표를 조사하여 파괴강도 방정식을 이용하여 도출된 값을 이용하여 그룹화를 시도하였다. 파괴강도에 의한 그룹화는 전문 관능요원 패널을 이용하여 관능적인 평가와 파괴강도간의 상관성을 기준으로 상, 중, 화로 그룹화 하였다.

2. 재료 및 방법

가. 통계처리

선행의 실험에 사용되었던 참돔(Red seabream, *Pagrus major*), 넙치(Olive flounder, *Paralichthys olivaceus*), 우럭(Korean rockfish, *Sebastes schlegeli*), 농어(Sea bass, *Lateolabrax japonixus*), 숭어(Mullet, *Mugil cephalus*) 등의 수분, 지질, 콜라겐함량 및 파괴강도 자료를 SAS (Statistical Analysis System) 통계 프로그램을 이용하여 각 성분간의 상관분석을 실시하였다. 다음으로 파괴강도(Y), 수분함량(X_1), 지질함량(X_2), 콜라겐함량(X_3)과 어떤 관련성을 갖고 있고 또한 독립변수로부터 파괴강도를 예측할 수 있는지를 다중회귀분석을 실시하였다.

나. 원료어

다중회귀분석으로부터 얻어진 파괴강도 방정식을 이용하여 파괴강도를 예측하고 측정된 파괴강도와 비교를 위하여 부산광역시 소재의 계류장에서 참돔(Red seabream, *Pagrus major*), 넙치(Olive flounder, *Paralichthys olivaceus*), 우럭(Korean Rockfish, *Sebastes schlegeli*), 농어(Sea bass, *Lateolabrax japonixus*), 숭어(Mullet, *Mugil cephalus*) 등을 13~16 마리를 무작위로 구입하여 확인실험을 실행하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 참 돔

참돔을 통하여 연구한 결과, 물리·효소 화학적 방법을 이용한 근육의 품질 판정 지표로써 수분함량, 지질함량 그리고 콜라겐 함량 등을 살펴보았으며, AEC 수치로써 건강도를 판정하고자 하였다. 즉, 이와 같은 지표들을 이용하여 양식산 활어의 품질에 가장 큰 요인으로 작용하는 파괴강도와의 상관관계를 살펴보고자 하였다.

(1) 양식산 참돔

(가) 파괴강도 방정식

근육의 파괴강도가 어떠한 독립변수들에 의하여 크게 영향을 받으며, 파괴강도와 독립변수와의 관계식은 무엇인가를 규명하기 위하여 회귀분석을 실시하였다. 여기서 독립변수로 사용된 것은 아래와 같다.

X_1 : 수분함량(moisture content)
X_2 : 지질함량(lipid content)
X_3 : 콜라겐 함량(collagen content)

양식산 참돔이 품질판정을 위하여 조사된 근육의 체성분간의 상관성을 피어슨 상관계수로 Table 2-2-1에 나타내었다. 수분함량과 지질함량, 콜라겐함량, 파괴강도의 상관성을 살펴보면 수분함량과 지질함량을 제외하고 모두 양의 상관관계를 가지는 것으로 나타났으며, 그 상관계수는 각각 -0.9383, 0.3139, 0.5998로 나타났다($p<0.05$). 반면에 지질함량과 콜라겐함량, 파괴강도의 상관성은 모두 음의 상관성을 가지는 것으로 나타났으며 상관계수는 각 -0.3265, -0.5648로 나타났다($p<0.05$). 콜라겐함량과 파괴강도의 상관관계가 0.1557로 나타났으며 두 성분간의 상관관계가 없게 나타났다($p>0.05$). Prasad Thakur et al. (2002)는 양식산 방어의 부위별로 파괴강도에 영향을 미치는 생화학적 성분에 관한 연구에서 지질함량이 낮고 콜라겐함량이 높을수록 파괴강도가 높다고 하였다. 또한 부위별로 콜라겐함량을 살펴본 결과, 운동 부위인 꼬리 근육이 등쪽 근육보다 높은 콜라겐함량을 나타난다고 보고하였다. 즉 운동이 실제적으로 일어나는 꼬리 근육에서 콜라겐함량은 증가하나 생선회의 가식부위인 등쪽 근육

을 연구에 사용하였기 때문에 운동 및 비운동에 따른 콜라겐함량의 변화가 나타나지 않은 것으로 사료된다. 이 결과를 이용하여 파괴강도(Y), 수분함량(X_1) 그리고 지질함량(X_2)간의 다중회귀분석을 SAS를 통하여 실시하였으며 파괴강도 방정식은 다음과 같다.

$$Y=-2.53539+0.05544X_1-0.00161X_2$$

(나) 관능평가에 의한 파괴강도의 등급화

양식산 참돔을 무작위로 20미를 구입하여 생선회로 조리 후에, 생선회의 맛에 대한 기본적인 훈련이 된 10명의 패널요원에게 실험의 목적, 방법 등을 충분히 설명하고 관능평가를 실시하였다. 관능평가는 5점 평점법(scailing test)에 의해 생선회의 특성치 들에 대하여 실시하였으며, 관능평가결과를 Table 2-2-2에 나타내었다. 또한, 관능평가를 실시한 참돔의 근육에 대하여 파괴강도값도 측정하여, 관능평가와 파괴강도간의 상관성을 살펴보았다. 그 결과, 생선회의 맛에 가장 큰 영향을 주는 육질의 쫄깃쫄깃함에서 높은 받은 개체들, 생선회의 맛이 좋다고 평가된 것들, 대체적으로 파괴강도값이 높게 나타났다. 그러나 생선회의 색에 대한 평가는 모든 개체에서 비슷한 경향을 보여주고 있었다.

그러므로 Fig. 2-2-1는 생선회의 맛이 좋은 개체일수록 파괴강도값이 높다는 것을 단편적으로 보여주고 있었다. 생선회 맛이 가장 좋은 그룹의 파괴강도값인 1.4 kg이상은 상급, 일반적으로 양식산 참돔의 파괴강도값인 1.2~1.4 kg은 중급, 1.2 kg이하를 하급으로 선정하게 되면 그룹화가 가능할 것으로 판단된다.

Table 2-2-1. Regression coefficients of second order polynomials representing relationship between breaking strength and moisture content, lipid content, collagen content in cultured Red seabream

	Moisture content	Lipid content	Collagen content	Breaking strength
Moisture content	1.0000			
Lipid content	-0.9383* (p<0.001)	1.0000		
Collagen content	0.3139* (0.0043)	-0.3265* (0.0029)	1.0000	
Breaking strength	0.5998* (p<0.001)	-0.5648* (p<0.001)	0.1557 (0.1652)	1.0000

* Correlation is significance at the 0.05 level.

Table. 2-2-2. Relationship between sensory evaluation and breaking strength in cultured Red seabream

	Texture	Color	Over-all acceptance	Breaking strength (kg)
A	2.2±0.8	4.0±1.0	2.4±0.5	1.07±0.10
	2.4±0.5	4.0±1.2	2.0±0.7	1.09±0.09
	2.6±0.5	3.8±0.8	2.8±0.4	1.15±0.17
	1.8±0.8	3.0±1.2	1.8±0.8	1.10±0.15
	2.2±0.8	3.8±1.3	2.4±0.9	1.14±0.18
B	3.4±0.5	3.6±0.5	4.0±0.7	1.31±0.21
	3.6±0.5	4.2±0.8	3.8±0.4	1.32±0.11
	3.6±0.5	3.8±0.8	3.6±0.5	1.24±0.19
	3.6±0.9	4.0±0.7	3.4±0.5	1.38±0.22
	3.4±0.5	3.8±0.8	3.8±0.4	1.27±0.18
C	4.6±0.5	4.6±0.5	4.6±0.5	1.50±0.12
	4.6±0.5	4.0±1.0	4.4±0.9	1.42±0.14
	4.2±0.8	4.2±0.8	4.2±0.8	1.41±0.22
	4.4±0.9	4.0±0.7	4.4±0.5	1.43±0.18
	4.8±0.4	4.4±0.5	4.4±0.5	1.45±0.22

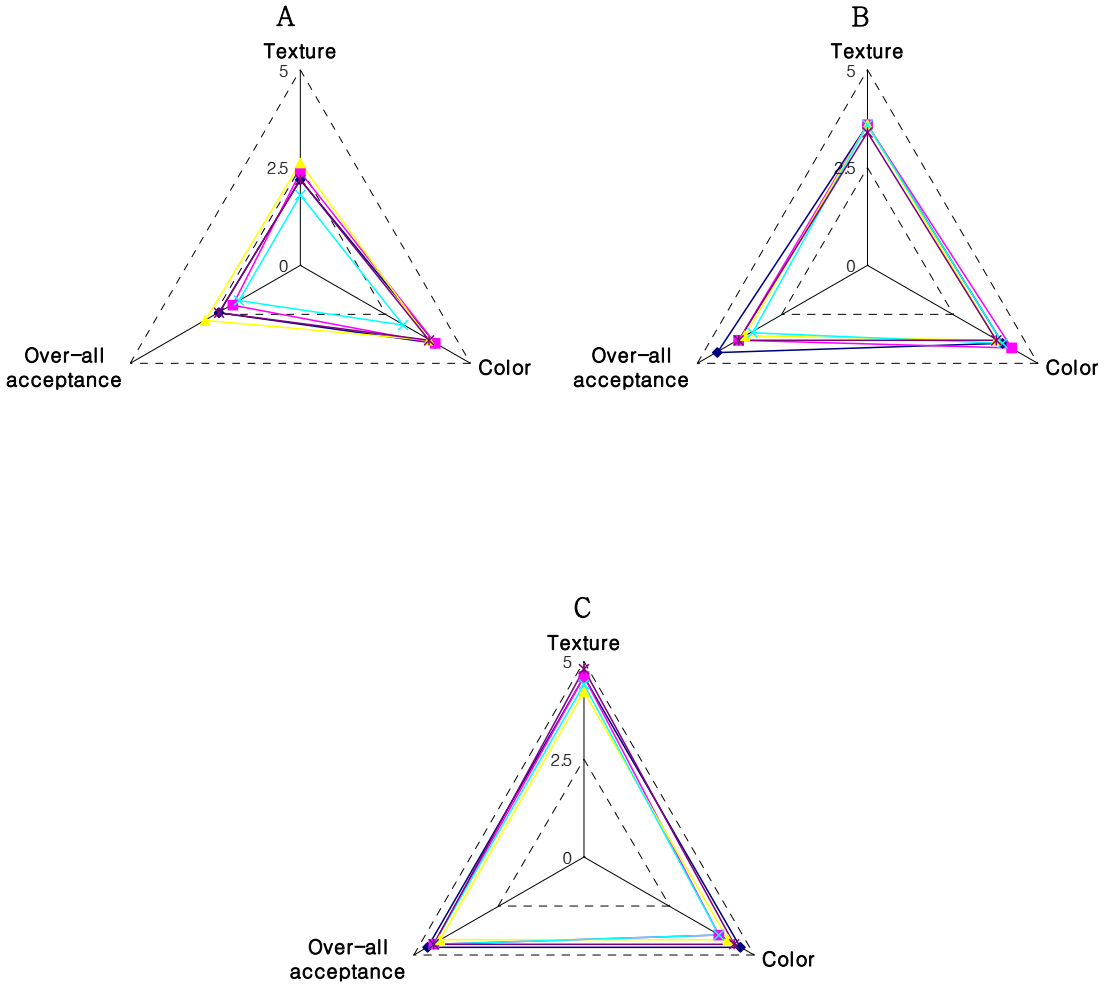


Fig. 2-2-1. Sensory evaluation of cultured Red seabream by degree of breaking strength.

A, below of breaking strength 1.2 kg

B, breaking strength 1.2~1.4 kg

C, Above of breaking strength 1.4 kg.

(다) 파괴강도 방정식의 적용 및 그룹화

Table 2-2-3은 파괴강도 방정식 확인을 위하여 무작위로 선정된 참돔(n=13)의 수분함량, 지방함량 및 파괴강도를 나타낸 것이다. 참돔의 파괴강도는 지질함량에 상관성이 높았으며, 지질함량이 낮을수록 파괴강도는 높게 나타났다. 그러므로 수분과 지질함량을 파괴강도 방정식에 대입하여 계산된 파괴강도를 얻을 수 있었다. Morishita et al. (1988)는 양식산 및 자연산 참돔의 일반성분 조성의 산지별, 양식방법별 비교 연구에서 산지가 다른 양식산 참돔의 일반성분은 조단백질과 회분함량은 차이가 없으나 지방은 차이가 크다고 하였는데 이것은 양식장에서 사용되는 사료의 성분차이에 기인된다고 하였다. 본 연구에서도 개체 크기가 비슷한 참돔에서도 수분함량과 지질함량의 차이가 나타난 것은 양식장별로 사용된 사료의 차이에 의한 것으로 보인다.

Fig. 2-2-2는 무작위로 선택된 참돔의 수분과 지질함량을 파괴강도 방정식에 대입하여 얻어진 파괴강도와 참돔에서 실제로 측정된 파괴강도를 비교하여 나타내었다. Rheo meter를 이용하여 파괴강도를 측정한 값과 파괴강도 방정식에 수분함량과 지질함량을 대입하여 얻어진 파괴강도를 비교했을 때, 측정된 파괴강도의 편차를 감안하면 파괴강도 방정식에서 얻어진 파괴강도와 비슷한 결과값을 얻을 수 있었다.

Table 2-2-4는 각 참돔의 ATP 관련 화합물과 건강상태의 지표인 AEC 수치를 나타내었다. 어체의 크기에 따른 ATP 관련 화합물의 차이는 나타나지 않았으며 ATP는 각 개체에 따라서 약간의 차이를 보이고 있었다. 본 연구에서는 등급화 된 AEC 수치를 적용시켜 참돔의 품질 판정을 시도하였으며 참돔 13마리 중 2마리를 제외하고 AEC가 0.8~1.0로 건강상태는 양호하였다. AEC 수치가 0.78인 참돔(I)에서 상피세포의 박리 및 염증이 나타났다.

Fig. 2-2-3는 위에서 설정된 파괴강도 및 AEC 수치를 이용하여 참돔의 품질등급을 나누어 나타내었다. 따라서 양식산 참돔에 있어서 수분함량과 지질함량을 파괴강도 방정식에 대입하여 파괴강도를 얻을 수 있으며 파괴강도에 의한 등급은 1.4 kg이상은 상급, 1.2~1.4 kg은 중급, 1.2 kg이하를 하급으로 선정하며, AEC 수치가 1.0~0.8는 상급, 0.8이하를 중급으로 선정하여 등급화를 분류하여 살펴 본 결과, H와 I개체는 파괴강도는 높지만 활어의 건강도인 AEC 수치가 낮아서 품질판정에서 낮은 등급을 받게 되었다.

Table 2-2-3. The content of proximate composition and breaking strength and prediction value of breaking strength in cultured Red seabream

Sample	Weight (kg)	Moisture content (%)	Lipid content (%)	Measured breaking strength (kg)	Calculated breaking strength (kg)
A	1.46	73.42±0.22	4.19±0.00	1.46±0.29	1.43
B	1.12	71.22±0.13	7.03±0.27	1.45±0.34	1.30
C	1.12	71.41±0.01	6.91±0.06	1.30±0.31	1.31
D	0.68	70.24±0.24	8.56±0.07	1.35±0.11	1.25
E	0.80	71.41±0.42	7.03±0.27	1.31±0.19	1.31
F	0.80	73.55±0.12	4.79±0.35	1.45±0.21	1.43
G	0.81	71.23±0.29	7.12±0.10	1.38±0.22	1.30
H	0.68	72.63±0.25	5.88±0.12	1.21±0.06	1.38
I	0.52	73.47±0.28	5.09±0.05	1.46±0.17	1.43
J	0.60	73.63±0.26	4.19±0.02	1.47±0.16	1.44
K	0.60	73.34±0.07	5.21±0.14	1.44±0.31	1.42
L	0.53	74.53±0.02	4.88±0.01	1.48±0.31	1.49
M	0.55	74.53±0.22	4.50±0.03	1.44±0.17	1.49

Table 2-2-4. Changes of adenylate energy charge(AEC) level in cultured Red seabream

(unit : μmole/g)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
ATP	8.76	8.71	8.62	4.08	5.96	8.72	8.58	3.41	3.32	7.46	6.74	8.82	8.89
ADP	0.97	1.18	1.03	1.01	1.08	0.92	0.91	1.11	1.16	1.06	1.23	0.81	0.80
AMP	0.60	0.53	0.55	0.51	0.47	0.45	0.57	0.49	0.53	0.52	0.58	0.45	0.35
AEC	0.89	0.89	0.90	0.82	0.87	0.91	0.90	0.79	0.78	0.88	0.86	0.92	0.93

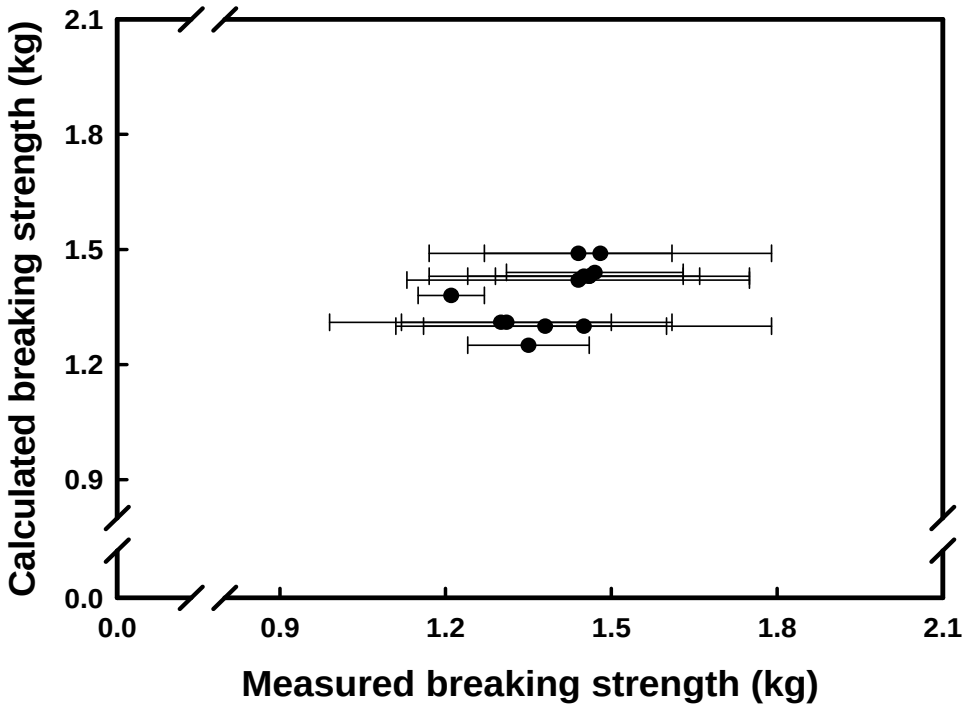


Fig. 2-2-2. Plot measured and calculated breaking strength in Red seabream.

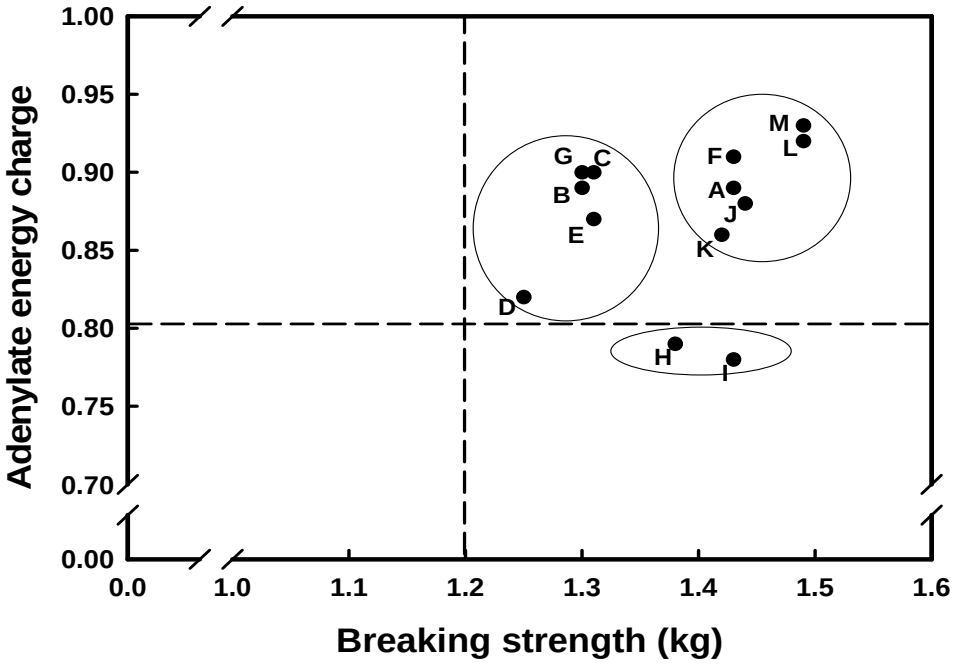


Fig. 2-2-3. Grading for cultured Red seabream by adenylate energy charge (AEC) and breaking strength.
- - Quality standard by AEC and breaking strength.

(2) 자연산 참돔

(가) 파괴강도 방정식

자연산 참돔의 품질판정을 위하여 조사된 근육의 체성분간의 상관성을 피어슨 상관계수로 Table 2-2-5에 나타내었다. 수분함량과 지질함량, 콜라겐함량, 파괴강도의 상관성을 살펴보면 수분함량과 지질함량은 음의 상관관계로 나타났다(-0.496). 또한 지질함량과 콜라겐함량, 파괴강도는 음의 상관관계로 나타났다(-0.542, -0.765). 나머지 각 성분들의 상관관계는 양의 상관관계로 나타났다. 자연산 참돔의 각 성분들은 유의적 차이가 나타나고 있었다($p<0.05$). 이 결과를 이용하여 파괴강도(Y), 수분함량(X_1), 지질함량(X_2), 콜라겐함량(X_3) 간의 다중회귀분석을 SAS를 통하여 실시하였으며 파괴강도 방정식은 다음과 같다.

이 결과를 이용하여 파괴강도(Y), 수분함량(X_1), 지질함량(X_2), 콜라겐함량(X_3) 간의 다중회귀분석을 SAS를 통하여 실시하였으며 파괴강도 방정식은 다음과 같다.

$$Y=-3.6708+0.0707X_1-0.0730X_2+0.0215X_3$$

(나) 관능평가에 의한 파괴강도의 등급화

자연산 참돔을 관능평가와 파괴강도간의 상관성을 이용하여 등급화를 시도하여 보았다. 그러나 Table 2-2-6에서 보는 바와 같이 자연산 참돔은 우선 파괴강도값이 높게 나타났으며 대부분이 자연산이라는 선입견과 육질의 쫄깃함이 양식산에 비하여 좋기 때문에 높은 관능적으로 좋은 평가를 받았다. 이로 인하여 파괴강도값에 따른 분류를 하고자 하는 본 연구의 목적으로 보면 높은 등급이 형성된다. 그러나 어획, 수송 중에 많은 스트레스로 활어의 건강도는 다소 떨어지는 결과를 얻었다. 그러므로 자연산의 어종에서는 파괴강도뿐만 아니라 활어의 건강도가 품질 지표로써 사용되기 때문에 등급화가 가능할 것으로 판단된다.

(다) 파괴강도 방정식의 적용 및 그룹화

Table 2-2-7은 파괴강도 방정식 확인을 위하여 무작위로 선정된 자연산 참돔(n=5)의 수분함량, 지질함량, 콜라겐함량 및 파괴강도를 나타낸 것이다. 자연산 참돔의 경우, 파괴강도는 수분함량이 높고 지질함량이 낮으며 콜라겐함량

이 많을수록 높게 나타났다. 여기서 측정된 수분함량, 지질함량, 콜라겐함량을 파괴강도 방정식에 대입하여 계산된 파괴강도를 얻을 수 있었다.

Fig. 2-2-5는 무작위로 선택된 자연산 참돔의 수분과 지질함량을 파괴강도 방정식에 대입하여 얻어진 파괴강도와 참돔에서 실제로 측정된 파괴강도를 비교하여 나타내었다. 방정식을 이용하여 계산된 파괴강도와 Rheo-meter를 이용하여 측정한 파괴강도의 상관성이 있게 나타나고 있었다. 자연산 참돔의 등급화 또한 양식산 참돔과 마찬가지의 등급구간을 설정하여 시도하였다.

Table 2-2-5. Regression coefficients of second order polynomials representing relationship between moisture content, lipid content, collagen content and breaking strength in wild Red seabream

	Moisture content	Lipid content	Collagen content	Breaking sterngth
Moisture content	1.000			
Lipid content	-0.496* (0.026)	1.000		
Collagen content	0.443* (0.050)	-0.542* (0.014)	1.000	
Breaking strength	0.826* (p<0.001)	-0.765* (p<0.001)	0.626* (0.003)	1.000

*Correlation is significance at the 0.05 level.

Table. 2-2-6. Relationship between sensory evaluation and breaking strength in wild Red seabream to grade

	Texture	Color	Over-all acceptance	Breaking strength (kg)
A	3.4±0.5	4.1±0.7	4.1±0.6	1.66±0.14
	3.6±0.5	4.1±0.6	4.0±0.5	1.81±0.20
	3.8±0.4	4.1±0.6	4.5±0.5	1.70±0.14
	3.6±0.5	4.1±0.6	4.2±0.6	1.73±0.17
	3.7±0.5	4.1±0.6	4.1±0.6	1.81±0.15
	3.7±0.5	3.7±0.5	3.9±0.6	1.67±0.13

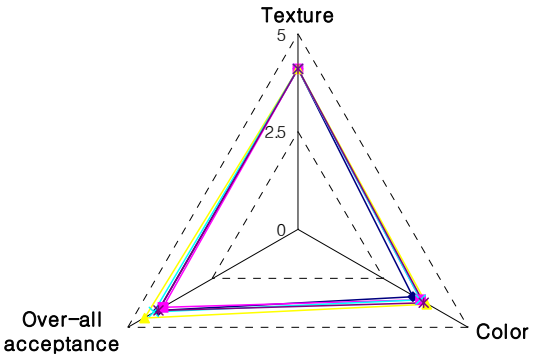


Fig. 2-2-4. Sensory evaluation of wild Red seabream.

Table 2-2-7. Contents of moisture, lipid, collagen and breaking strength in wild Red seabream

Sample	Weight (kg)	Moisture content (%)	Lipid content (%)	Collagen content (mg/g)	Breaking strength (kg)	Calculated breaking stength (kg)
A	1.62	75.12±0.17	2.37±0.08	6.52±0.16	1.63±0.32	1.61
B	1.72	76.91±0.07	1.94±0.04	6.33±0.01	1.76±0.34	1.76
C	2.50	76.35±0.09	2.70±0.35	8.77±0.14	1.73±0.28	1.72
D	1.95	76.00±0.03	2.35±0.05	7.42±0.05	1.65±0.30	1.69
E	2.00	75.23±0.05	2.15±0.02	7.12±0.03	1.58±0.25	1.64
F	2.12	75.20±0.10	2.50±0.02	7.00±0.02	1.65±0.25	1.76
G	2.02	75.90±0.05	2.00±0.05	7.21±0.03	1.70±0.30	1.72
H	1.95	76.10±0.07	1.72±0.08	7.53±0.01	1.80±0.15	1.69
I	1.65	75.50±0.11	2.23±0.08	6.53±0.03	1.65±0.20	1.64
J	1.75	76.52±0.08	1.35±0.06	8.21±0.02	1.86±0.28	1.61
K	2.05	76.05±0.09	1.35±0.02	8.04±0.03	1.95±0.35	1.70
L	1.78	77.23±0.05	1.25±0.05	7.85±0.01	1.82±0.21	1.75
M	1.95	75.23±0.11	1.05±0.06	8.05±0.03	1.85±0.30	1.75
O	1.85	75.10±0.12	2.05±0.04	7.12±0.01	1.63±035	1.64
P	1.65	75.70±0.03	2.23±0.05	7.00±0.01	1.65±0.23	1.82

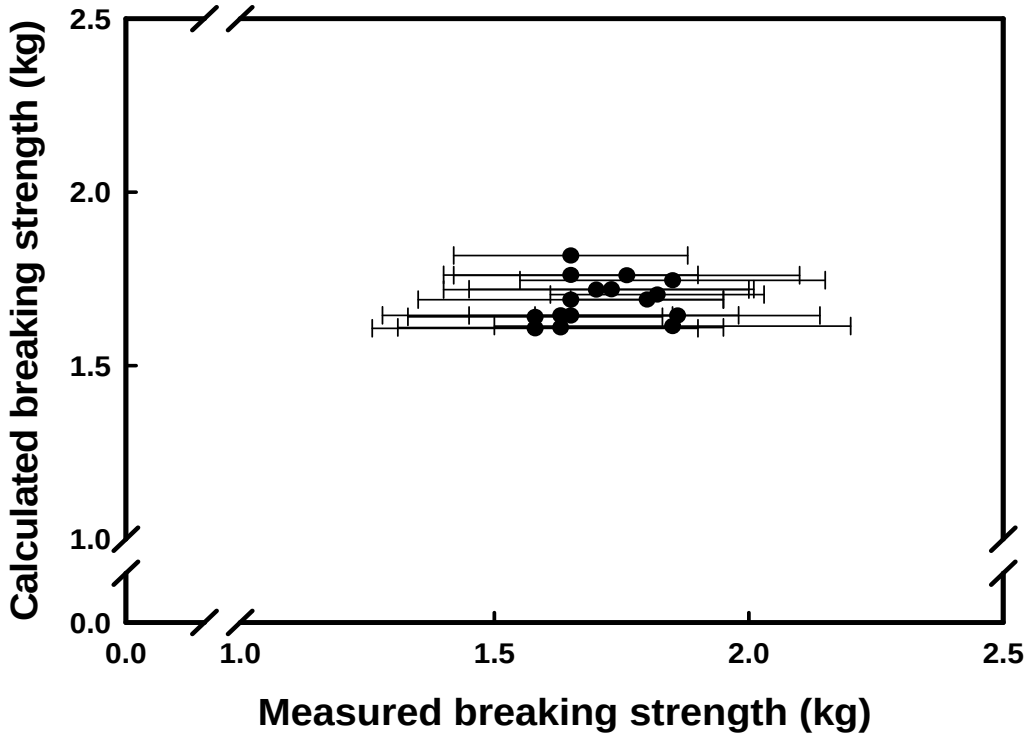


Fig. 2-2-5. Plot measured and calculated breaking strength in wild Red seabream.

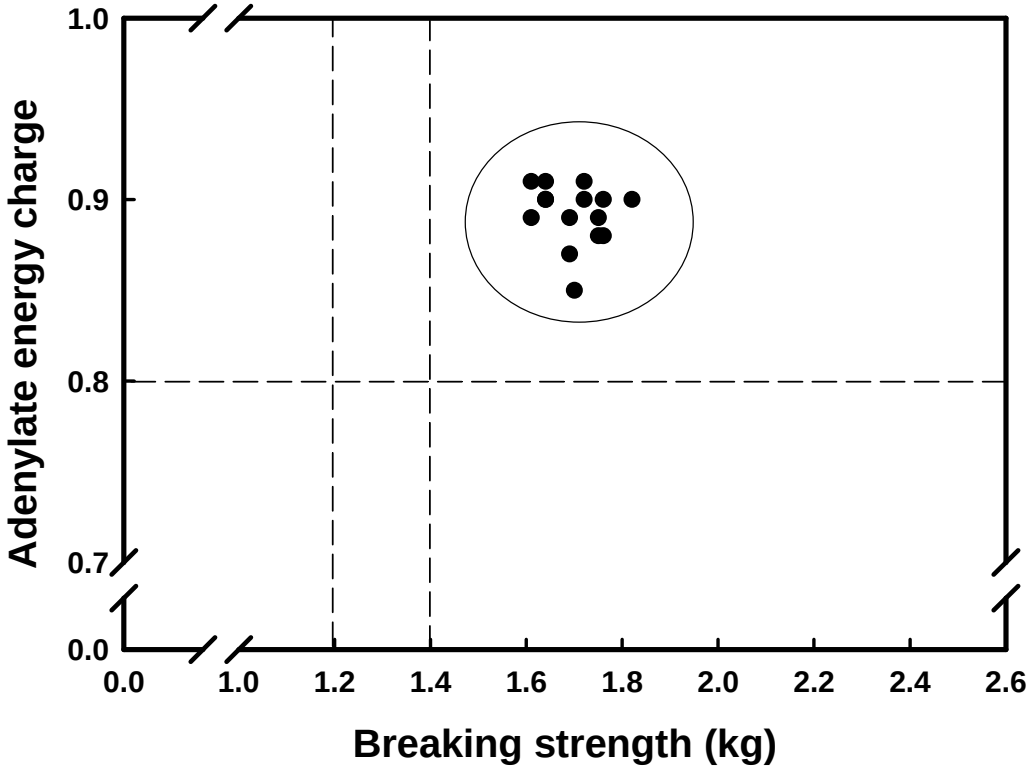


Fig. 2-2-6. Grading for wild Red seabream by adenylate energy charge (AEC) and breaking strength.

- - Quality standard by AEC and breaking strength.

(3) 수입산 참돔

(가) 파괴강도 방정식

수입산 참돔의 품질판정을 위하여 조사된 근육의 체성분간의 상관성을 피어슨 상관계수로 Table 2-2-8에 나타내었다. 수분함량과 지질함량, 콜라겐함량, 파괴강도의 상관성을 살펴보면 수분함량과 지질함량은 음의 상관관계로 나타났다(-0.892). 또한 지질함량과 콜라겐함량, 파괴강도는 음의 상관관계로 나타났다(-0.758, -0.676). 나머지 각 성분들의 상관관계는 양의 상관관계로 나타났다. 수입산 참돔의 각 성분들은 유의적 차이가 나타나고 있었다($p<0.05$). 이 결과를 이용하여 파괴강도(Y), 수분함량(X_1), 지질함량(X_2), 콜라겐함량(X_3) 간의 다중회귀분석을 SAS를 통하여 실시하였으며 파괴강도 방정식은 다음과 같다.

$$Y=-1.5845+0.0394X_1-0.0293X_2+0.0530X_3$$

(나) 관능평가에 의한 파괴강도의 등급화

Table 2-2-9는 앞에서 언급된 바와 같이 횟감용 어종인 수입산 참돔을 생선회로 조리하여 관능평가를 실시한 결과이다. 수입산 참돔은 양식산 참돔과 마찬가지로 1.4kg이상이 관능적으로 좋은 평가를 얻었으며, 대부분의 개체에서 1.2~1.4kg의 파괴강도에서는 중간정도의 평가를 얻었다. 그러나 파괴강도값이 1.2kg 이하인 생선회에서는 맛이 떨어지는 것을 확인할 수 있었다. 그러므로 파괴강도값을 이용하여 양식산 참돔과 마찬가지로 등급화가 가능할 것으로 판단된다.

(다) 파괴강도 방정식의 적용 및 그룹화

Table 2-2-10은 파괴강도 방정식 확인을 위하여 무작위로 선정된 수입산 참돔(n=13)의 수분함량, 지질함량, 콜라겐함량 및 파괴강도를 나타낸 것이다. 일반적으로 파괴강도는 수분함량이 높고 지질함량이 낮을수록 파괴강도가 높게 나타난다. 수입산 참돔도 이와 똑같이 수분함량이 높고 지질함량이 낮으며 콜라겐함량이 많을수록 파괴강도가 높게 나타나고 있었다. 여기서 측정된 수분, 지질, 콜라겐함량을 파괴강도 방정식에 대입하여 계산된 파괴강도를 얻을 수 있었다.

Fig. 2-2-8은 무작위로 선택된 수입산 참돔의 수분과 지질함량을 파괴강도 방

정식에 대입하여 얻어진 파괴강도와 참돔에서 실제로 측정된 파괴강도를 비교하여 나타내었다. 방정식을 이용하여 계산된 파괴강도와 Rheo-meter를 이용하여 측정한 파괴강도의 상관성은 다소 낮았다. 수입산 참돔은 양식산 참돔과 마찬가지로 1.4kg이상이 상급, 12~1.4kg이 중급, 1.2kg 이하를 하급으로 선정하였으며, 건강도값에 의하여 하향조정 등으로 등급화를 시도한 결과를 Fig. 2-2-9에 나타내었다.

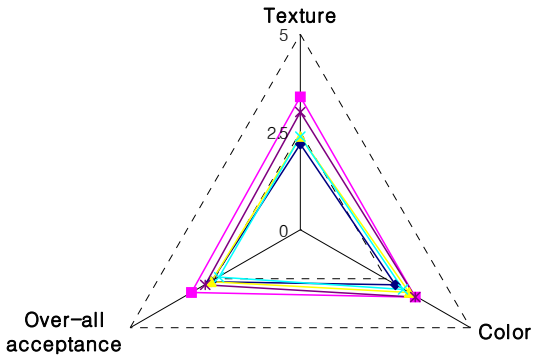
Table 2-2-8. Regression coefficients of second order polynomials representing relationship between moisture content, lipid content, collagen content and breaking strength in imported Red seabream

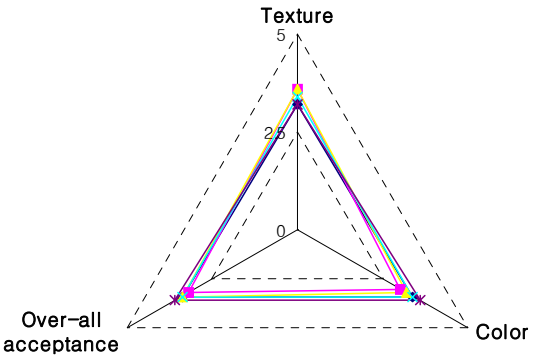
	Moisture content	Lipid content	Collagen content	Breaking sterngth
Moisture content	1.000			
Lipid content	-0.892* (p<0.001)	1.000		
Collagen content	0.743* (p<0.001)	-0.758* (p<0.001)	1.000	
Breaking strength	0.678* (0.001)	-0.676* (0.001)	0.616* (0.004)	1.000

*Correlation is significance at the 0.05 level.

Table. 2-2-9. Relationship between sensory evaluation and breaking strength in imported Red seabream to grade

	Texture A	Color	Over-all acceptance	Breaking strength (kg) B
A	2.2±0.8	2.8±0.8	2.6±0.5	1.05±0.10
	3.4±0.5	3.4±0.5	3.2±0.4	1.17±0.20
	2.4±0.5	3.2±0.4	2.6±0.5	1.03±0.12
	2.4±0.9	3.0±0.7	2.4±0.5	1.05±0.20
	3.0±1.0	3.4±0.5	2.8±0.8	1.10±0.19
B	3.2±0.8	3.4±0.5	3.4±0.5	1.22±0.20
	3.6±0.5	3.0±0.7	3.2±0.4	1.34±0.15
	3.6±0.5	3.2±0.8	3.4±0.5	1.37±0.17
	3.4±1.1	3.4±0.9	3.4±0.9	1.36±0.21
	3.2±0.4	3.6±0.5	3.6±0.5	1.30±0.25
C	4.4±0.9	3.6±0.9	4.2±0.4	1.51±0.20
	4.0±0.7	3.4±0.5	3.4±0.5	1.50±0.12
	4.0±0.7	3.6±0.9	4.0±0.0	1.41±0.18
	4.2±0.8	3.4±0.5	4.0±1.0	1.45±0.16
	4.6±0.5	3.4±0.5	4.2±0.4	1.42±0.11





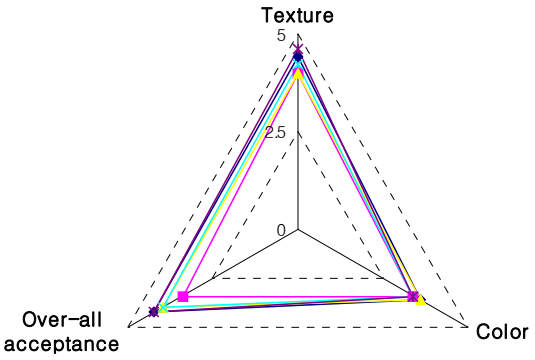


Fig. 2-2-7. Sensory evaluation of imported Red seabream by degree of breaking strength.

A, below of breaking strength 1.2 kg

B, breaking strength 1.2～1.4 kg

C, Above of breaking strength 1.4 kg.

Table 2-2-10. The content of proximate composition and breaking strength and prediction value of breaking strength in imported Red seabream

Sample	Weight (kg)	Moisture content (%)	Lipid content (%)	Collagen content (mg/g)	Breaking strength (kg)	Calculated breaking strength (kg)
A	0.88	73.99±0.10	3.35±0.11	3.18±0.12	1.69±0.01	1.40
B	0.84	72.65±0.40	4.53±0.13	2.94±0.44	1.45±0.29	1.30
C	0.84	73.14±0.09	4.41±0.11	2.60±0.21	1.46±0.10	1.31
D	0.88	73.51±0.13	4.11±0.10	3.50±0.01	1.39±0.30	1.38
E	0.84	75.22±0.12	2.06±0.10	3.74±0.05	1.32±0.11	1.52
F	0.94	71.83±0.14	5.79±0.32	2.40±0.08	1.09±0.13	1.20
G	1.18	72.69±0.37	3.46±0.05	3.07±0.08	1.45±0.44	1.34
H	0.88	72.79±0.10	5.01±0.16	2.78±0.10	1.19±0.13	1.28
I	1.02	71.94±0.13	5.96±0.14	2.62±0.05	1.11±0.17	1.21
J	0.88	75.23±0.13	1.84±0.06	4.05±0.10	1.27±0.12	1.54
K	1.10	71.74±0.33	5.83±0.33	3.38±0.20	1.17±0.20	1.25
L	1.00	73.45±0.39	4.48±0.35	3.23±0.11	1.40±0.45	1.35
M	0.94	74.00±0.12	4.13±0.28	2.93±0.11	1.40±0.31	1.44

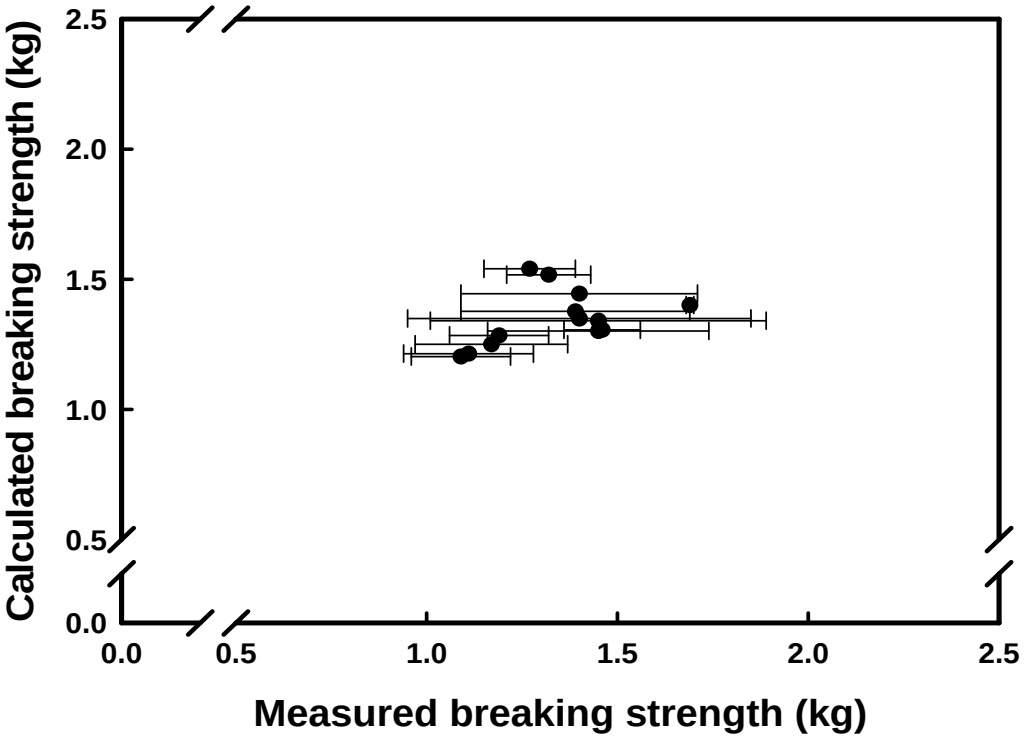


Fig. 2-2-8. Plot measured and calculated breaking strength in Red seabream which is imported.

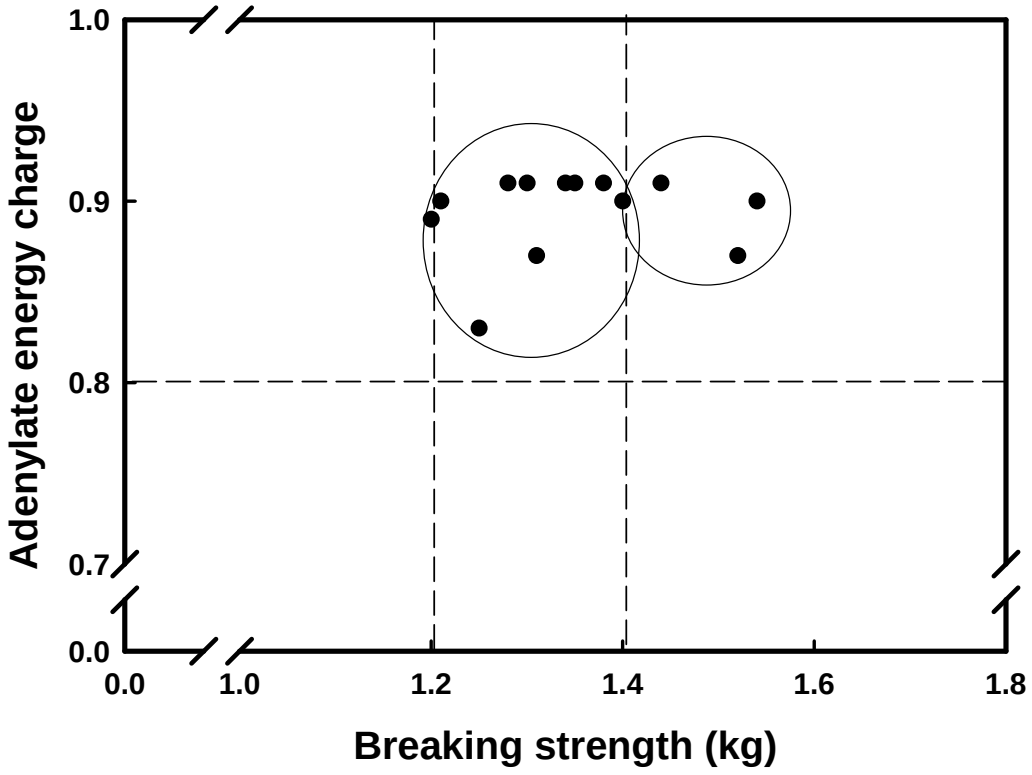


Fig. 2-2-9. Grading for imported Red seabream by adenylate energy charge (AEC) and breaking strength.

- - Quality standard by AEC and breaking strength.

나. 농 어

(1) 국내산 농어

(가) 파괴강도 방정식

양식산 농어의 품질판정을 위하여 조사된 근육의 체성분간의 상관성을 피어슨 상관계수로 Table 2-2-11에 나타내었다. 수분함량과 지질함량, 콜라겐함량, 파괴강도의 상관성을 살펴보면 수분함량과 지질함량은 음의 상관관계로 나타났다(-0.650). 지질함량과 콜라겜함량, 파괴강도 또한 음의 상관관계로 나타났다(-0.308, -0.455). 나머지 상관관계는 양의 상관관계로 나타났다. 수분함량, 지질함량, 콜라겐함량, 파괴강도는 유의적 차이가 있었다($p<0.05$). 이 결과를 이용하여 파괴강도(Y), 수분함량(X_1), 지질함량(X_2), 콜라겐함량(X_3) 간의 다중회귀분석을 SAS를 통하여 실시하였으며 파괴강도 방정식은 다음과 같다.

$$Y=-0.7796+0.0352X_1-0.0093X_2+0.0821X_3$$

(나) 관능평가에 의한 파괴강도의 등급화

양식산 농어도 양식산 참돔과 마찬가지로 20미를 무작위로 구입하여 관능평가 및 파괴강도값을 측정하여 임의적으로 등급화를 실시하여 Table 2-2-12에 나타내었다. 관능적으로 우수한 개체에서 나타낸 파괴강도값인 1.9 kg이상을 상급으로, 1.5~1.9 kg은 중급으로, 하급은 1.5 kg이하로 선정이 가능할 것이다 (Fig. 2-2-10).

(다) 파괴강도 방정식의 적용 및 그룹화

Table 2-2-13은 파괴강도 방정식 확인을 위하여 무작위로 선정된 농어(n=15)의 수분함량, 지방함량, 콜라겐함량 및 파괴강도를 나타낸 것이다. 농어의 파괴강도는 수분함량이 높고 지질함량이 낮으며 콜라겐함량이 많을수록 높게 나타나고 있었다. 여기서 측정된 수분, 지질, 콜라겐함량을 파괴강도 방정식에 대입하여 계산된 파괴강도를 얻을 수 있었다. Fig. 2-2-11은 무작위로 선택된 양식산 농어의 수분과 지질함량을 파괴강도 방정식에 대입하여 얻어진 파괴강도와 농어에서 실제로 측정된 파괴강도를 비교하여 나타내었다. Rheo-meter를 이용하여 측정한 파괴강도의 편차를 고려하면 계산된 파괴강도와 비슷한 값을 얻을 수 있었다. Fig. 3-12는 무작위로 구입한 양식산 농어의 계산된 파괴강도

값과 건강도인 AEC값을 이용하여 등급화 한 것이다. 상급은 1.9kg이상이며, 중급은 1.5~1.9kg이며, 하급은 1.5kg이하로 선정하였으며, 이때, 활어의 건강도인 AEC값이 0.8이하가 되면 등급을 하향 조정하여 등급화를 실시하였다.

Table 2-2-11. Regression coefficients of second order polynomials relationship between moisture content, lipid content, collagen content and breaking strength in cultured Sea bass

	Moisture content	Lipid content	Collagen content	Breaking strength
Moisture content	1.000			
Lipid content	-0.650* (p<0.001)	1.000		
Collagen content	0.302* (0.033)	-0.308* (0.030)	1.000	
Breaking strength	0.545* (p<0.001)	-0.455* (0.001)	0.560* (p<0.001)	1.000

*Correlation is significance at the 0.05 level.

Table. 2-2-12. Between sensory evaluation and breaking strength in cultured Sea bass

	Texture	Color	Over-all acceptance	Breaking strength (kg)
A	2.8±0.8	3.4±0.5	3.4±0.5	1.40±0.17
	3.4±0.5	3.6±0.5	3.4±0.5	1.47±0.14
	3.0±0.7	3.6±0.5	3.0±0.7	1.35±0.23
	3.2±0.8	3.4±0.5	3.2±0.4	1.45±0.20
	3.2±0.8	3.4±0.5	3.2±0.4	1.42±0.15
B	3.6±0.5	3.6±0.5	3.6±0.5	1.72±0.17
	3.8±0.8	3.2±0.8	3.6±0.5	1.80±0.13
	3.6±0.5	3.6±0.5	3.4±0.5	1.71±0.14
	3.6±0.5	4.0±0.0	3.6±0.5	1.79±0.15
	3.6±0.5	3.6±0.5	3.4±0.5	1.67±0.22
C	4.2±0.4	3.6±0.5	3.6±0.5	1.96±0.23
	4.0±0.0	3.6±0.5	3.4±0.5	1.92±0.23
	4.0±0.0	3.6±0.5	4.0±0.0	1.95±0.21
	4.4±0.5	3.6±0.5	3.6±0.5	2.13±0.15
	4.2±0.4	3.6±0.5	3.8±0.4	2.03±0.23

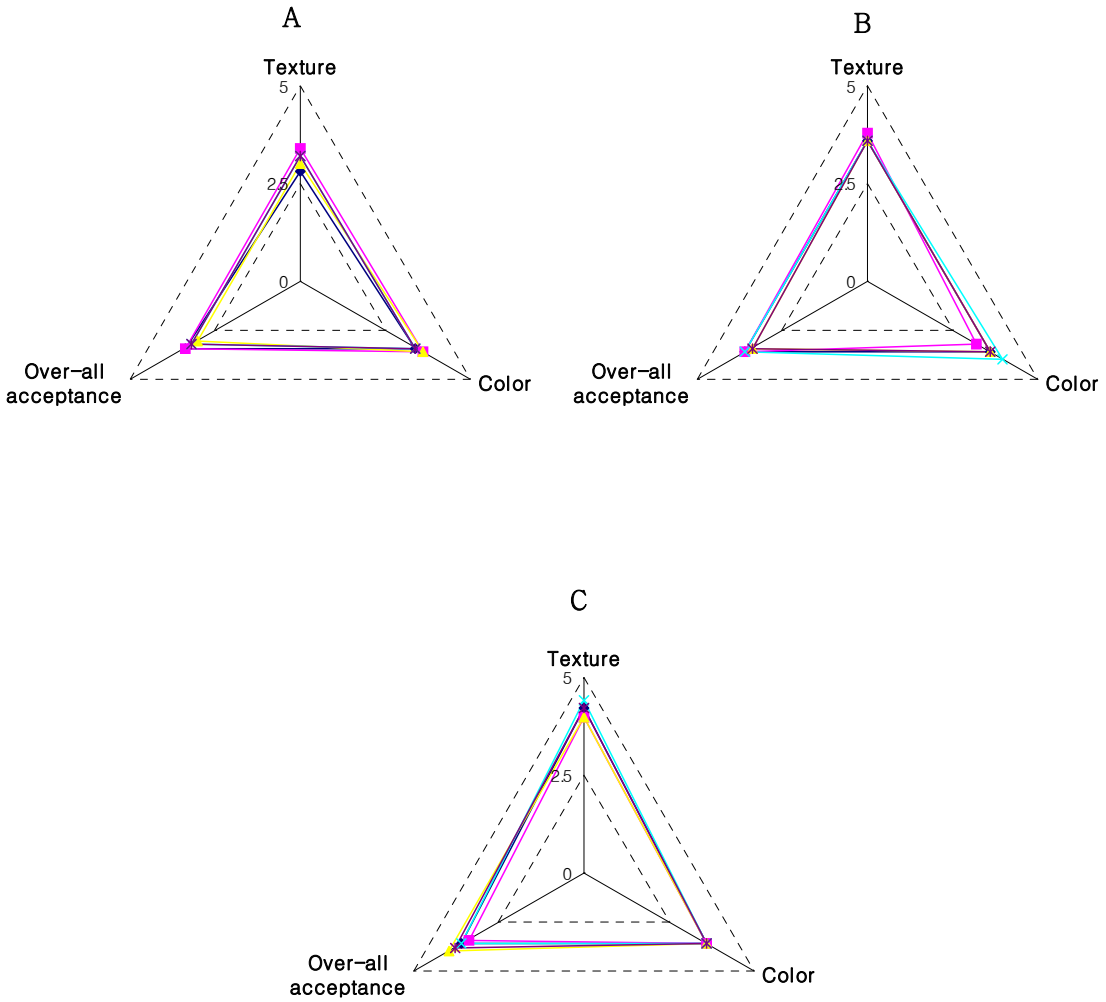


Fig. 2-2-10. Sensory evaluation of cultured Sea bass by degree of breaking strength.

A, below of breaking strength 1.5 kg

B, breaking strength 1.5~1.9 kg

C, Above of breaking strength 1.9 kg.

Table 2-2-13. The content of proximate composition and breaking strength and prediction value of breaking strength in cultured Sea bass

Sample	Weight (kg)	Moisture content (%)	Lipid content (%)	Collagen content (mg/g)	Breaking strength (kg)	Calculated breaking strength (kg)
A	0.58	70.75±0.18	5.71±0.07	2.59±0.00	1.97±0.13	1.87
B	0.55	72.71±0.29	4.78±0.21	2.55±0.10	2.18±0.20	1.94
C	0.50	73.65±0.20	4.09±0.28	3.40±0.11	2.11±0.17	2.05
D	0.30	74.93±0.14	2.36 ±0.09	4.64±0.28	2.35±0.22	2.22
E	0.68	73.86±0.06	5.70±0.17	4.63±0.06	2.19±0.11	2.15
F	0.91	71.15±0.07	5.76±0.33	3.28±0.13	2.17±0.27	1.94
G	0.92	74.77±0.08	4.00±0.04	4.02±0.00	2.24±0.16	2.15
H	0.72	71.91±0.08	5.47±0.20	3.47±0.09	2.19±0.28	1.99
I	0.90	70.33±0.02	5.68±0.05	4.33±0.11	2.00±0.13	2.00
J	0.92	77.45±0.11	4.58±0.14	2.16±0.05	2.19±0.14	2.08
K	0.79	78.45±0.06	3.73±0.04	3.29±0.16	2.27±0.07	2.22
L	0.70	74.51±0.35	4.16±0.05	3.71±0.04	2.32±0.13	2.11
M	0.86	74.41±0.13	5.52±0.09	5.70±0.02	2.17±0.06	2.26
N	0.80	75.37±0.13	4.27±0.03	4.17±0.02	2.11±0.07	2.18
O	0.87	74.14±0.11	4.15±0.07	2.42±0.04	2.13±0.24	1.99

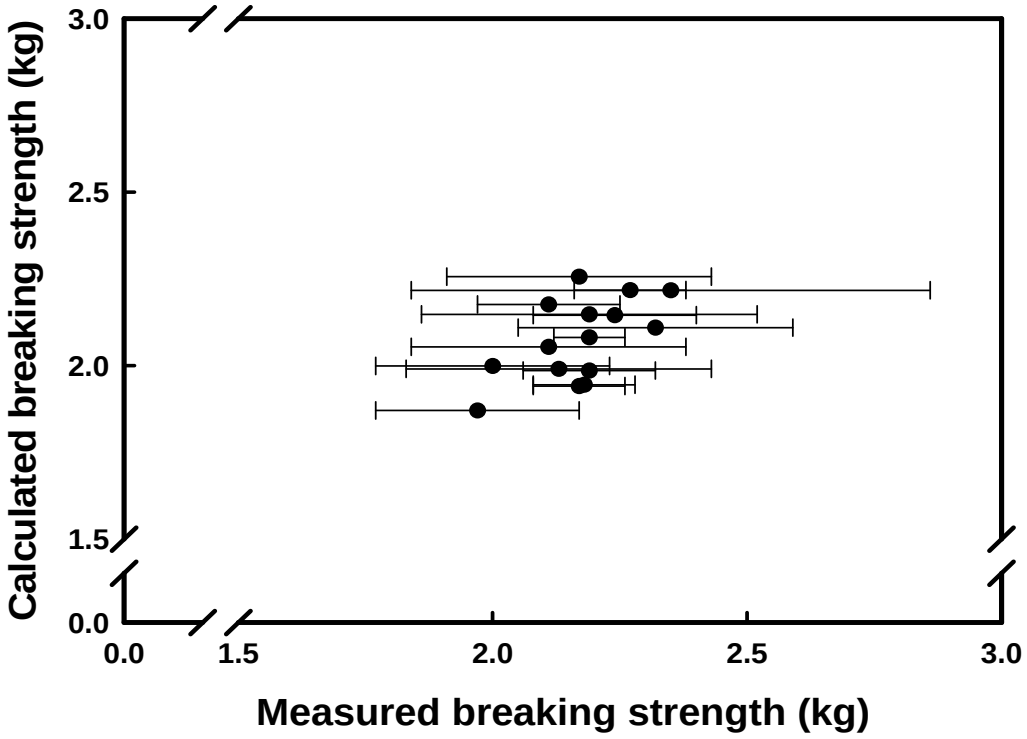


Fig. 2-2-11. Plot measured and calculated breaking strength in Sea bass.

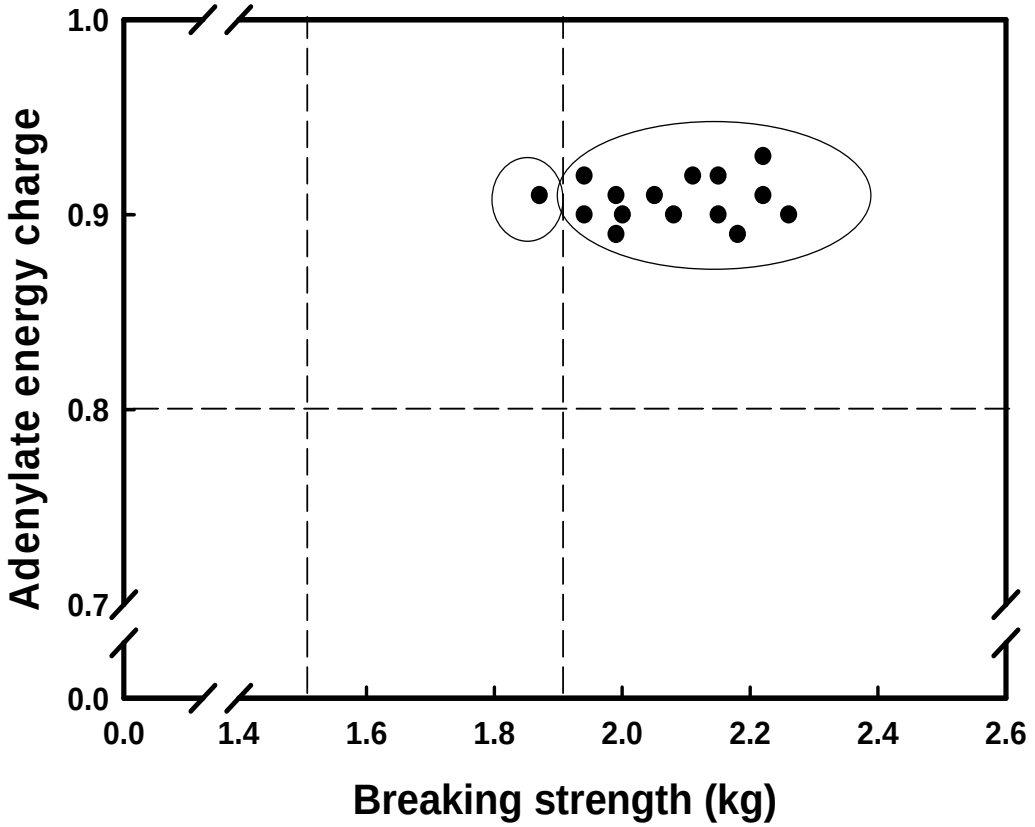


Fig. 2-2-12 . Grading for cultured Sea bass by adenylate energy charge (AEC) and breaking strength.

- - Qualtiy standard by AEC and breaking strength

(2) 수입산 농어

(가) 파괴강도 방정식

수입산 농어의 품질판정을 위하여 조사된 근육의 체성분간의 상관성을 피어슨 상관계수로 Table 2-2-14에 나타내었다. 국내산 농어와 비슷하게 수입산 농어에서도 수분함량과 지질함량은 음의 상관관계로 나타났다(-0.916). 또한 지질함량과 콜라겐함량, 파괴강도는 음의 상관관계로 나타났다(-0.493, -0.719). 나머지 모든 성분간의 상관관계는 양의 상관관계로 나타났다. 수분함량, 지질함량, 콜라겐함량, 파괴강도 모두 유의적 차이가 있었다($p<0.05$). 그러나 지질함량보다는 콜라겐 함량에 상관성이 높은 것이 수입산 농어의 특징이다. 이 결과를 이용하여 파괴강도(Y), 수분함량(X_1), 지질함량(X_2), 콜라겐함량(X_3) 간의 다중회귀분석을 SAS를 통하여 실시하였으며 파괴강도 방정식은 다음과 같다.

$$Y=-1.8857+0.0460X_1+0.0081X_2+0.0565X_3$$

(나) 관능평가에 의한 파괴강도의 등급화

수입산 농어의 관능평가도 양식산 농어에서와 마찬가지로, 관능적으로 우수한 개체에서 나타낸 파괴강도값인 1.9kg이상을 상급으로, 1.5～1.9kg은 중급으로, 하급은 1.5kg이하로 선정이 가능할 것이다(Fig. 2-2-13).

(다) 파괴강도 방정식의 적용 및 그룹화

Table 2-2-15는 파괴강도 방정식 확인을 위하여 무작위로 선정된 수입산 농어(n=15)의 수분, 지방, 콜라겐함량 및 파괴강도를 나타낸 것이다. 수입산 농어도 국내산 농어와 마찬가지로 수분함량이 높고 지질함량이 낮고 더불어 콜라겐함량이 많을수록 높은 파괴강도를 얻을 수 있었다. 수입산 농어는 지질 함량보다는 콜라겐 함량에 상관성이 높으므로, 파괴강도인자에 콜라겐을 추가하였다. 여기서 측정된 수분, 지질, 콜라겐함량을 파괴강도 방정식에 대입하여 계산된 파괴강도를 얻을 수 있었다.

Fig. 2-2-14는 무작위로 선택된 수입산 농어의 수분과 지질함량을 파괴강도 방정식에 대입하여 얻어진 파괴강도와 수입산 농어에서 실제로 측정된 파괴강도를 비교하여 나타내었다. 국내산 농어보다 분포가 넓게 나타나서 계산된 파괴강도와 측정된 파괴강도의 상관성이 낮게 나타났다. Fig. 2-2-15는 국내산 농

어와 마찬가지의 등급기준을 이용하여 등급화를 시도하였으며, 그 결과, 대부분의 어종의 중급으로 등급화 되었다.

Table 2-2-14. Regression coefficients of second order polynomials representing relationship between moisture content, lipid content, collagen content and breaking strength in imported Sea bass

	Moisture content	Lipid content	Collagen content	Breaking strength
Moisture content	1.000			
Lipid content	-0.916* (p<0.001)	1.000		
Collagen content	0.557* (0.011)	-0.493* (0.027)	1.000	
Breaking strength	0.813* (p<0.001)	-0.719* (p<0.001)	0.643* (0.002)	1.000

*Correlation is significance at the 0.05 level.

Table 2-2-15. The content of proximate composition and breaking strength and prediction value of breaking strength in imported Sea bass

Sample	Weight (kg)	Moisture content (%)	Lipid content (%)	Collagen content (mg/g)	Breaking strength (kg)	Calculated breaking strength (kg)
A	1.30	74.15±0.05	4.92±0.12	3.52±0.06	1.85±0.26	1.76
B	1.22	69.11±0.18	7.16±0.13	1.21±0.16	1.73±0.18	1.42
C	1.80	76.87±0.23	3.13±0.09	3.17±0.22	1.95±0.22	1.85
D	1.10	74.74±0.16	3.97±0.14	3.10±0.03	1.71±0.08	1.76
E	1.42	77.30±0.07	2.72±0.01	4.08±0.20	1.94±0.18	1.92
F	1.10	74.79±0.33	4.68±0.08	2.79±0.01	1.65±0.22	1.75
G	2.15	77.60±0.14	1.89±0.09	3.63±0.04	1.98±0.14	1.90
H	1.34	77.27±0.13	2.50±0.20	3.22±0.01	1.77±0.07	1.87
I	1.58	75.79±0.19	4.37±0.03	2.28±0.03	1.87±0.14	1.76
J	1.60	72.80±0.08	7.41±0.29	1.29±0.13	1.79±0.14	1.60
K	2.14	70.74±0.25	8.69±0.03	3.36±0.23	1.56±0.13	1.63
L	1.95	72.03±0.17	6.03±0.26	4.79±0.38	1.68±0.22	1.75
M	1.58	75.91±0.02	1.73±0.20	2.41±0.16	1.80±0.27	1.76
N	2.10	76.71±0.31	2.17±0.10	5.56±0.11	1.74±0.13	1.97
O	2.30	72.22±0.14	6.70±0.31	3.23±0.26	1.51±0.15	1.67

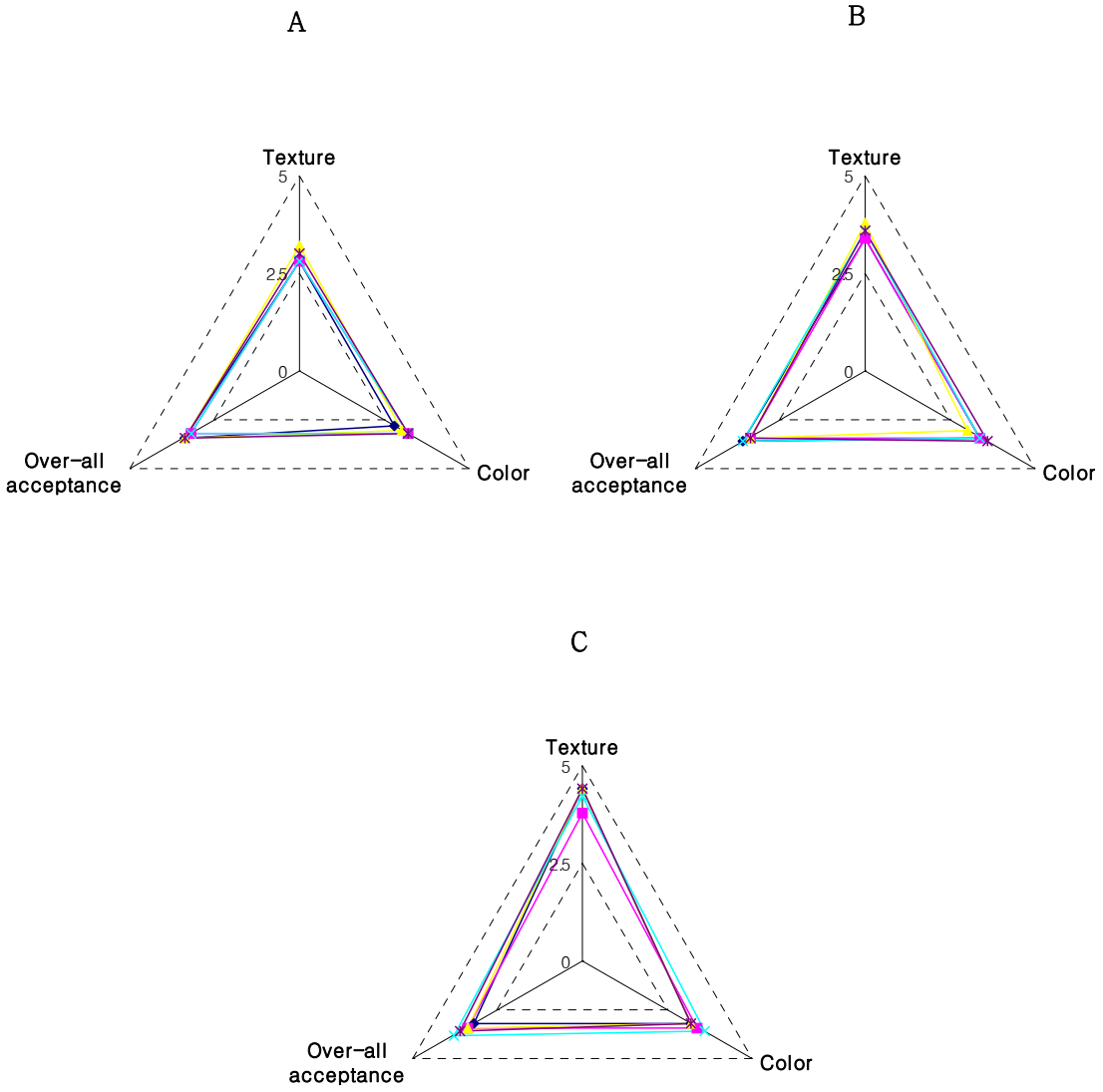


Fig. 2-2-13. Sensory evaluation of imported Sea bass by degree of breaking strength.

A, below of breaking strength 1.5 kg

B, breaking strength 1.5~1.9 kg

C, Above of breaking strength 1.9 kg.

Table. 2-2-16. Relationship between sensory evaluation and breaking strength in imported Sea bass

	Texture	Color	Over-all acceptance	Breaking strength (kg)
A	2.8±0.4	2.8±0.4	3.4±0.5	1.37±0.14
	2.8±0.4	3.2±0.4	3.2±0.4	1.41±0.23
	3.2±0.4	3.0±0.7	3.4±0.5	1.42±0.22
	2.8±0.8	3.2±0.4	3.2±0.4	1.36±0.15
	3.0±0.7	3.2±0.4	3.4±0.5	1.46±0.20
B	3.4±0.5	3.4±0.5	3.6±0.5	1.52±0.14
	3.4±0.5	3.4±0.5	3.4±0.5	1.75±0.15
	3.8±0.4	3.0±0.0	3.4±0.5	1.80±0.11
	3.6±0.9	3.4±0.5	3.6±0.5	1.68±0.16
	3.6±0.5	3.6±0.5	3.4±0.5	1.70±0.21
C	4.4±0.5	3.2±0.4	3.2±0.4	1.92±0.11
	3.8±0.8	3.4±0.5	3.4±0.5	1.90±0.11
	4.4±0.5	3.2±0.4	3.4±0.5	1.97±0.16
	4.2±0.8	3.6±0.5	3.8±0.4	1.91±0.20
	4.4±0.5	3.2±0.4	3.6±0.5	2.00±0.18

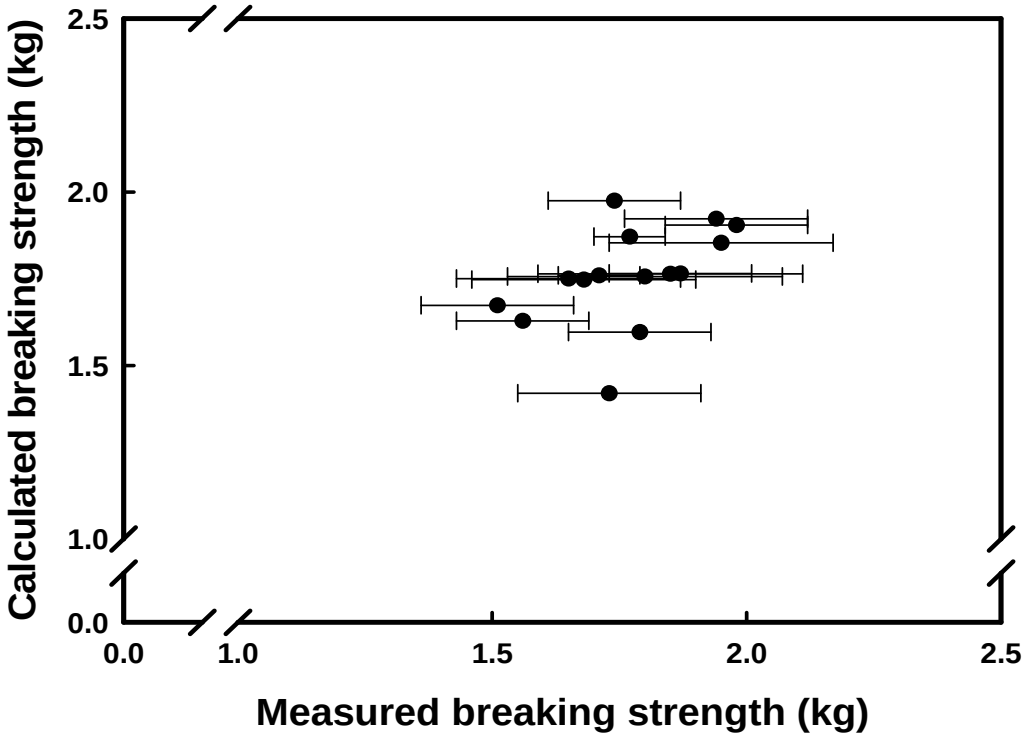


Fig. 2-2-14. Plot measured and calculated breaking strength in imported Sea bass.

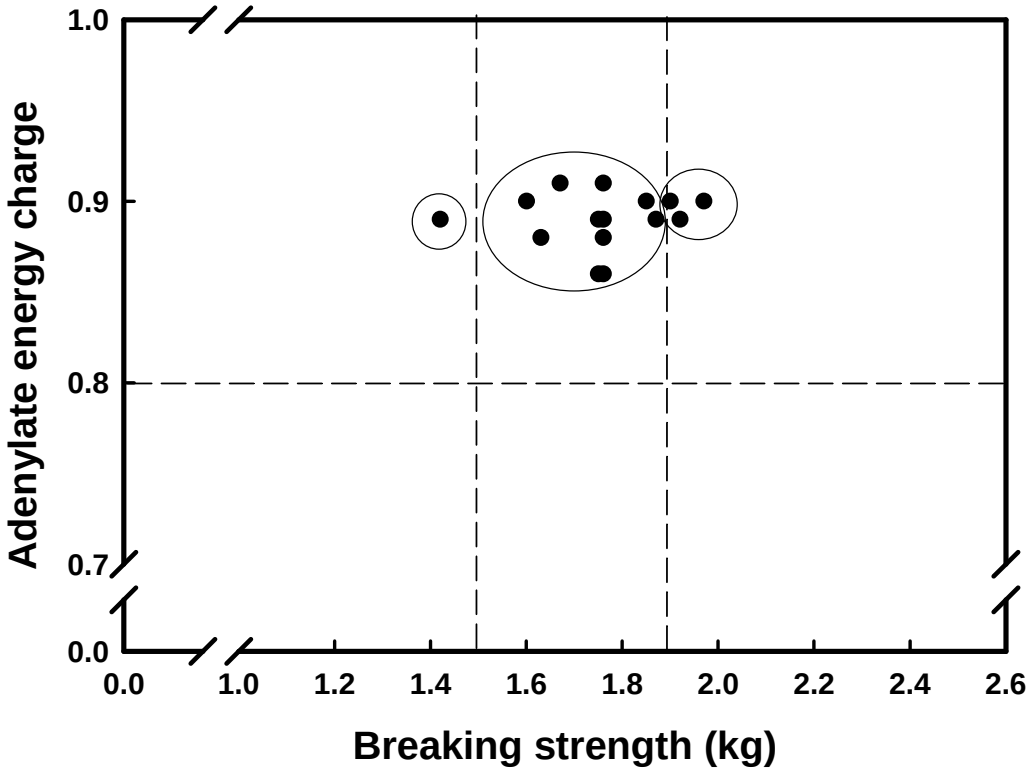


Fig. 2-2-15. Grading for imported Sea bass by adenylate energy charge (AEC) and breaking strength.

- - Quality standard by AEC and breaking strength.

다. 숭 어

(1) 파괴강도 방정식

숭어의 품질판정을 위하여 조사된 근육의 체성분간의 상관성을 피어슨 상관계수로 Table 2-2-17에 나타내었다. 수분함량과 지질함량, 콜라겐함량, 파괴강도의 상관성을 살펴보면 수분함량과 지질함량은 음의 상관관계로 나타났다(-0.863). 또한 지질함량과 파괴강도는 음의 상관관계로 나타났다(-0.574). 나머지 상관관계는 양의 상관관계로 나타나고 있었다. 콜라겐함량과 수분함량, 지질함량은 유의성이 없게 나타났다($p>0.05$). 나머지 각 성분들은 유의성이 나타났다($p<0.05$). 이 결과를 이용하여 파괴강도(Y), 수분함량(X_1), 지질함량(X_2), 콜라겐함량(X_3) 간의 다중회귀분석을 SAS를 통하여 실시하였으며 파괴강도 방정식은 다음과 같다.

$$Y=2.3232-0.0100X_1+0.0447X_2+0.0982X_3$$

(2) 관능평가에 의한 파괴강도의 등급화

양식산 숭어의 등급화를 위한 관능평가 결과를 Table 2-2-18에 나타내었다. 흰살 생선회에서 가장 생선회의 맛에 영향을 주는 파괴강도 값이 높을수록 생선회의 맛이 좋다는 결과를 얻었으며, 이 결과를 이용하여 파괴강도 값에 따라 생선회의 등급화를 실시하였다. 1.7 kg의 파괴강도 값을 가지는 것을 상급으로, 1.5~1.7 kg을 파괴강도 값을 가지는 구를 중급, 1.5 kg이하의 파괴강도 값을 하급으로 등급화를 하게 되면 생선회의 맛에 따른 분류가 가능할 것으로 판단된다.

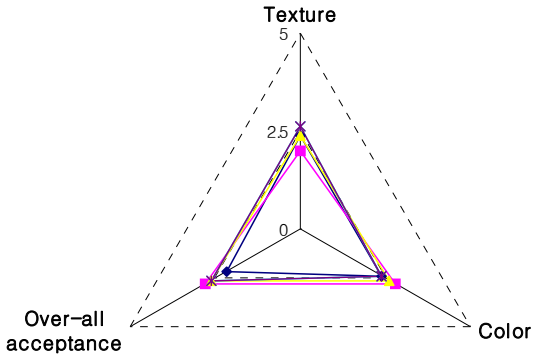
Table 2-2-17. Regression coefficients of second order polynomials representing relationship between moisture content, lipid content, collagen content and breaking strength in Mullet

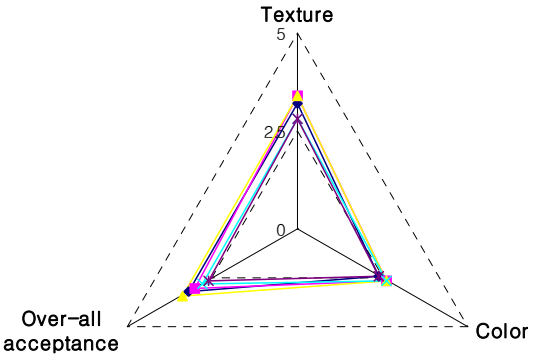
	Moisture content	Lipid content	Collagen content	Breaking strength
Moisture content	1.000			
Lipid content	-0.863* (p<0.001)	1.000		
Collagen content	0.065 (0.653)	0.010 (0.944)	1.000	
Breaking strength	0.509* (p<0.001)	-0.574* (p<0.001)	0.629* (p<0.001)	1.000

*Correlation is significance at the 0.05 level.

Table. 2-2-18. Relationship between sensory evaluation and breaking strength in Mullet to grade

	Texture	Color	Over-all acceptance	Breaking strength (kg)
A	2.4±0.9	2.4±0.5	2.2±0.4	1.39±0.10
	2.0±0.7	2.8±0.4	2.8±1.1	1.37±0.09
	2.4±0.5	2.6±0.5	2.6±0.5	1.45±0.15
	2.6±0.5	2.4±0.5	2.6±0.5	1.36±0.12
	2.6±0.5	2.4±0.5	2.6±0.5	1.41±0.21
B	3.2±0.4	2.4±0.5	3.2±0.4	1.61±0.21
	3.4±0.5	2.6±0.5	3.0±0.0	1.52±0.14
	3.4±0.5	2.6±0.5	3.4±0.5	1.67±0.19
	2.8±0.4	2.6±0.5	2.8±0.4	1.65±0.15
	2.8±0.4	2.4±0.5	2.6±0.5	1.57±0.20
C	3.8±0.8	2.6±0.5	3.4±0.5	1.92±0.23
	3.8±0.8	2.6±0.5	3.0±0.0	1.87±0.28
	3.4±0.5	2.8±0.4	3.0±0.0	1.82±0.20
	3.8±1.3	2.6±0.5	3.2±0.4	1.80±0.12
	3.6±0.5	2.6±0.5	3.0±0.7	1.78±0.25





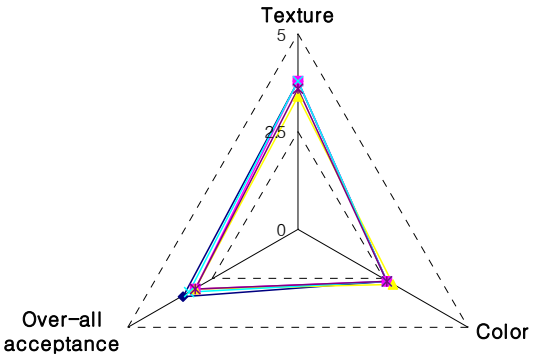


Fig. 2-2-16. Sensory evaluation of Mullet by degree of breaking strength.
C

A, below of breaking strength 1.5 kg

B, breaking strength 1.5~1.7 kg

C, Above of breaking strength 1.7 kg.

(3) 파괴강도 방정식의 적용 및 그룹화

Table 2-2-19는 파괴강도 방정식 확인을 위하여 무작위로 선정된 숭어(n=16)의 수분, 지방, 콜라겐함량 및 파괴강도를 나타낸 것이다. 숭어의 파괴강도는 수분, 지질, 콜라겐함량과 상관성이 없었다. 여기서 측정된 수분, 지질, 콜라겐함량을 파괴강도 방정식에 대입하여 계산된 파괴강도를 얻을 수 있었다. Fig. 2-2-17은 무작위로 선택된 숭어의 수분과 지질함량을 파괴강도 방정식에 대입하여 얻어진 파괴강도와 실제로 측정된 파괴강도를 비교하여 나타내었다. 계산된 파괴강도를 이용하여 1.7 kg의 파괴강도 값을 가지는 것을 상급으로, 1.5~1.7 kg을 파괴강도 값을 가지는 구를 중급, 1.5kg이하의 파괴강도 값을 가지는 구는 하급으로 분류되었고(Fig. 2-2-18), 무작위로 구입한 숭어는 모두 상급에 해당되었으며, 활어의 건강상태도 양호하였다.

Table 2-2-19. The content of proximate composition and breaking strength and prediction value of breaking strength in Mullet

Sample	Weight (kg)	Moisture content (%)	Lipid content (%)	Collagen content (mg/g)	Breaking strength (kg)	Calculated breaking strength (kg)
A	0.58	71.10±0.21	6.88±0.05	5.41±0.04	2.04±0.18	1.84
B	0.74	71.49±0.24	8.44±0.21	4.32±0.06	1.73±0.27	1.66
C	0.64	71.82±0.45	6.02±0.11	5.32±0.01	1.94±0.26	1.86
D	0.64	72.69±0.61	6.39±0.10	3.59±0.20	1.68±0.13	1.66
E	0.68	73.91±0.13	5.63±0.40	5.40±0.14	1.85±0.08	1.86
F	0.74	71.68±0.04	7.72±0.09	5.97±0.04	1.83±0.32	1.85
G	0.85	73.30±0.30	5.33±0.34	5.11±0.07	1.79±0.18	1.85
H	0.68	75.10±0.18	7.32±0.14	4.24±0.02	2.08±0.17	1.66
I	0.74	72.59±0.33	5.68±0.05	5.94±0.15	2.02±0.12	1.93
J	0.68	73.85±0.23	6.73±0.29	3.90±0.12	2.01±0.14	1.67
K	0.91	73.88±0.12	3.28±0.09	4.46±0.00	2.03±0.30	1.88
L	0.90	69.30±0.25	8.73±0.01	4.95±0.03	1.87±0.28	1.73
M	1.20	70.76±0.32	6.70±0.16	3.30±0.01	1.77±0.24	1.64
N	1.00	70.86±0.27	9.70±0.47	5.17±0.04	1.92±0.28	1.69
O	0.90	72.99±0.35	6.72±0.28	5.43±0.03	1.93±0.16	1.83
P	0.94	74.17±0.16	4.54±0.02	5.21±0.19	1.86±0.10	1.89

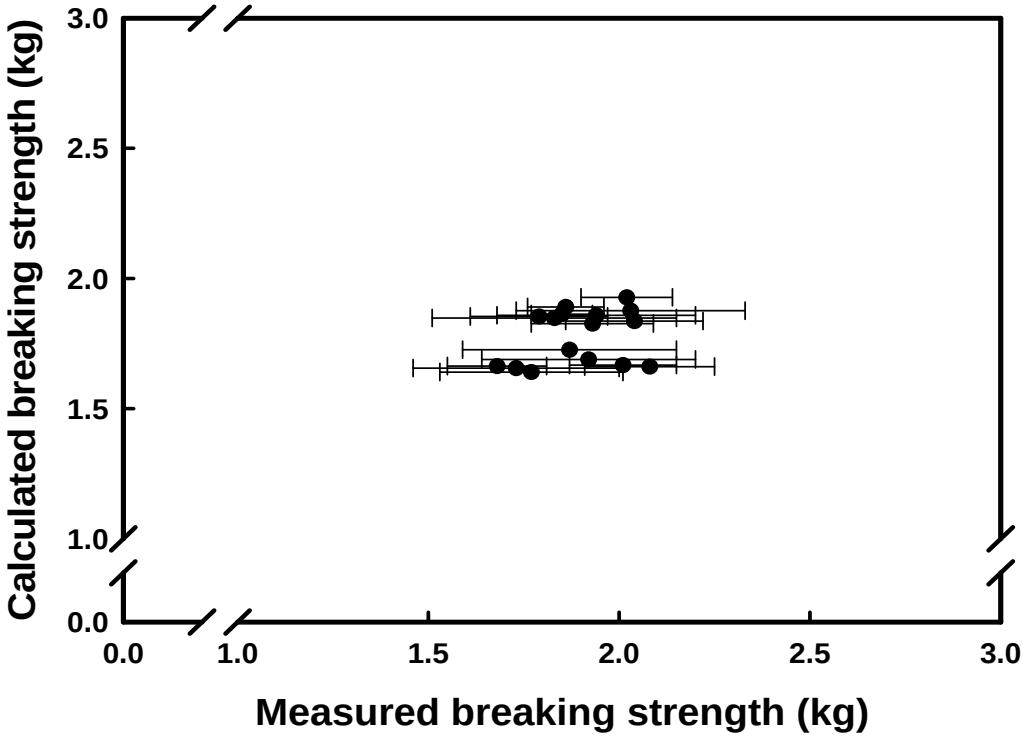


Fig. 2-2-17. Plot measured and calculated breaking strength in Mullet.

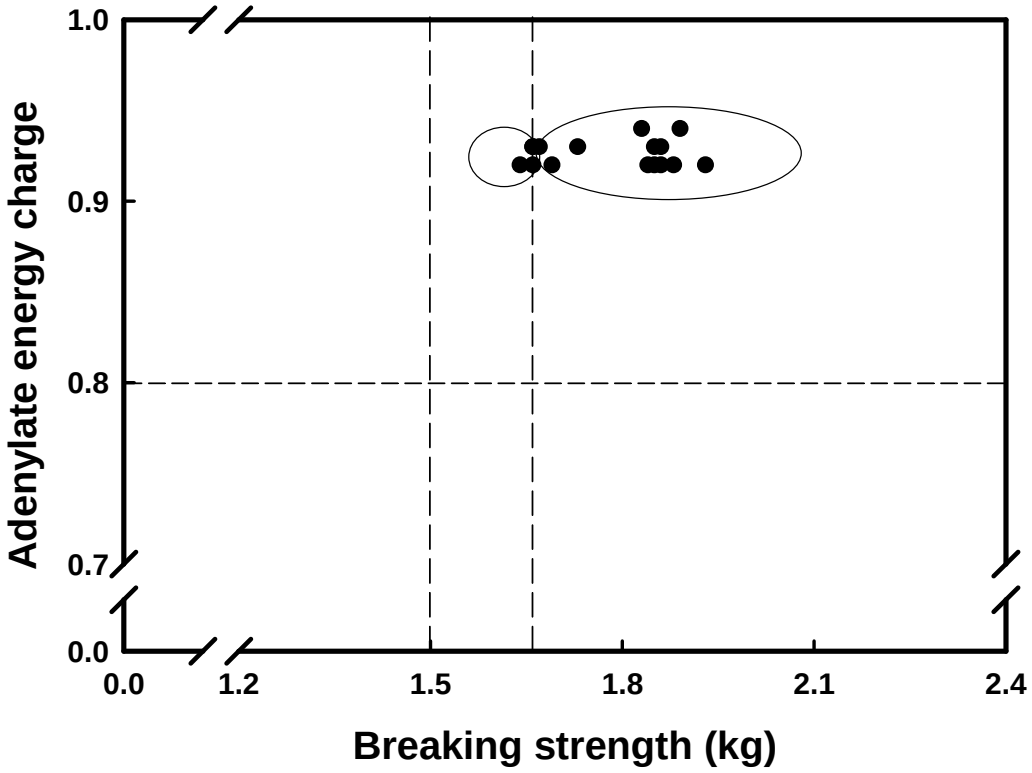


Fig. 2-2-18. Grading for Mullet by adenylate energy charge (AEC) and breaking strength.

- - Quality standard by AEC and breaking strength.

라. 조피볼락

(1) 파괴강도 방정식

양식산 조피볼락의 품질판정을 위하여 조사된 근육의 체성분간의 상관성을 피어슨 상관계수로 Table 2-2-20에 나타내었다. 수분함량과 지질함량, 콜라겐함량, 파괴강도의 상관성을 살펴보면 수분함량과 지질함량은 음의 상관관계로 나타났다(-0.786). 또한 지질함량과 콜라겐함량, 파괴강도는 음의 상관관계로 나타났다(-0.520, -0.631). 나머지 각 성분들의 상관관계는 양의 상관관계로 나타났다. 조피볼락의 각 성분들은 유의적 차이가 나타나고 있었다($p<0.05$). 이 결과를 이용하여 파괴강도(Y), 수분함량(X_1), 지질함량(X_2), 콜라겐함량(X_3) 간의 다중회귀분석을 SAS를 통하여 실시하였으며 파괴강도 방정식은 다음과 같다.

$$Y=6.12191-0.0574X_1-0.1395X_2+0.1345X_3$$

(2) 관능평가에 의한 파괴강도의 등급화

Table 2-2-21은 양식산 조피볼락을 무작위로 구입하여 10명의 패널요원에게 관능평가를 실시한 결과와 이때, 관능평가에 사용된 생선회의 파괴강도를 측정한 결과이다. 앞에서 언급된 횟감용 활어에서와 마찬가지로 파괴강도값이 높을수록 생선회의 맛이 좋다는 평가를 받았으며, 흰살 생선에서 파괴강도값이 가장 큰 영향을 받는 것을 확인할 수 있었다. 또한, 이 결과를 이용하여 파괴강도값에 따라 상, 중, 하 등급화가 가능할 것이다. 그러나 어종별로 적용되는 파괴강도값이 차이를 보이는 것은 어종에 따라 고유의 육질의 단단함에 가장 큰 영향을 주는 콜라겐 함량의 차이가 가장 크다고 볼 수 있다. 1절에서도 언급된 바와 같이, 동일어종에서 크기에 따라 콜라겐 함량은 큰 차이를 보이지 않았지만, 어종별에 따라 콜라겐 함량은 차이를 보이게 되고, 이로 인해 육질의 고유의 단단함, 즉 파괴강도값이 다르기 때문일 것이다. Table 2-2-21에 나타낸 관능평가 결과를 파괴강도값에 따라 3그룹으로 나누어 관능평가를 실시하였다(Fig. 2-2-19).

Table 2-2-20. Regression coefficients of second order polynomials representing relationship between moisture content, lipid content, collagen content and breaking strength in cultured Korean rockfish

	Moisture content	Lipid content	Collagen content	Breaking sterngth
Moisture content	1.000			
Lipid content	-0.786* (p<0.001)	1.000		
Collagen content	0.540* (p<0.001)	-0.520* (p<0.001)	1.000	
Breaking strength	0.366* (p<0.001)	-0.631* (p<0.001)	0.462* (0.001)	1.000

*Correlation is significance at the 0.05 level.

Table. 2-2-21. Between sensory evaluation and breaking strength in cultured Korean rockfish

	Texture	Color	Over-all acceptance	Breaking strength (kg)
A	2.4±0.5	3.0±0.0	3.2±0.4	1.05±0.11
	3.0±0.7	3.6±0.5	3.2±0.4	1.19±0.18
	2.6±0.5	2.8±0.8	3.0±0.7	1.11±0.20
	2.4±0.5	3.0±0.7	3.2±0.4	1.08±0.13
	2.6±0.5	3.0±0.7	3.0±0.7	1.10±0.22
B	3.2±0.4	3.2±0.4	3.4±0.5	1.26±0.17
	3.4±0.9	3.6±0.5	3.4±0.5	1.24±0.28
	3.8±0.8	3.2±0.4	3.8±0.4	1.36±0.16
	3.6±0.5	3.2±0.4	3.4±0.9	1.33±0.18
	3.2±0.8	3.0±0.0	3.2±0.4	1.26±0.25
C	4.2±0.8	3.4±0.5	3.6±0.5	1.68±0.24
	4.0±0.7	3.6±0.5	3.8±0.8	1.54±0.10
	4.0±0.7	3.2±0.8	3.6±0.5	1.41±0.18
	4.0±0.7	3.4±0.5	3.8±0.4	1.70±0.27
	4.0±0.7	3.2±0.4	4.0±0.7	1.52±0.25

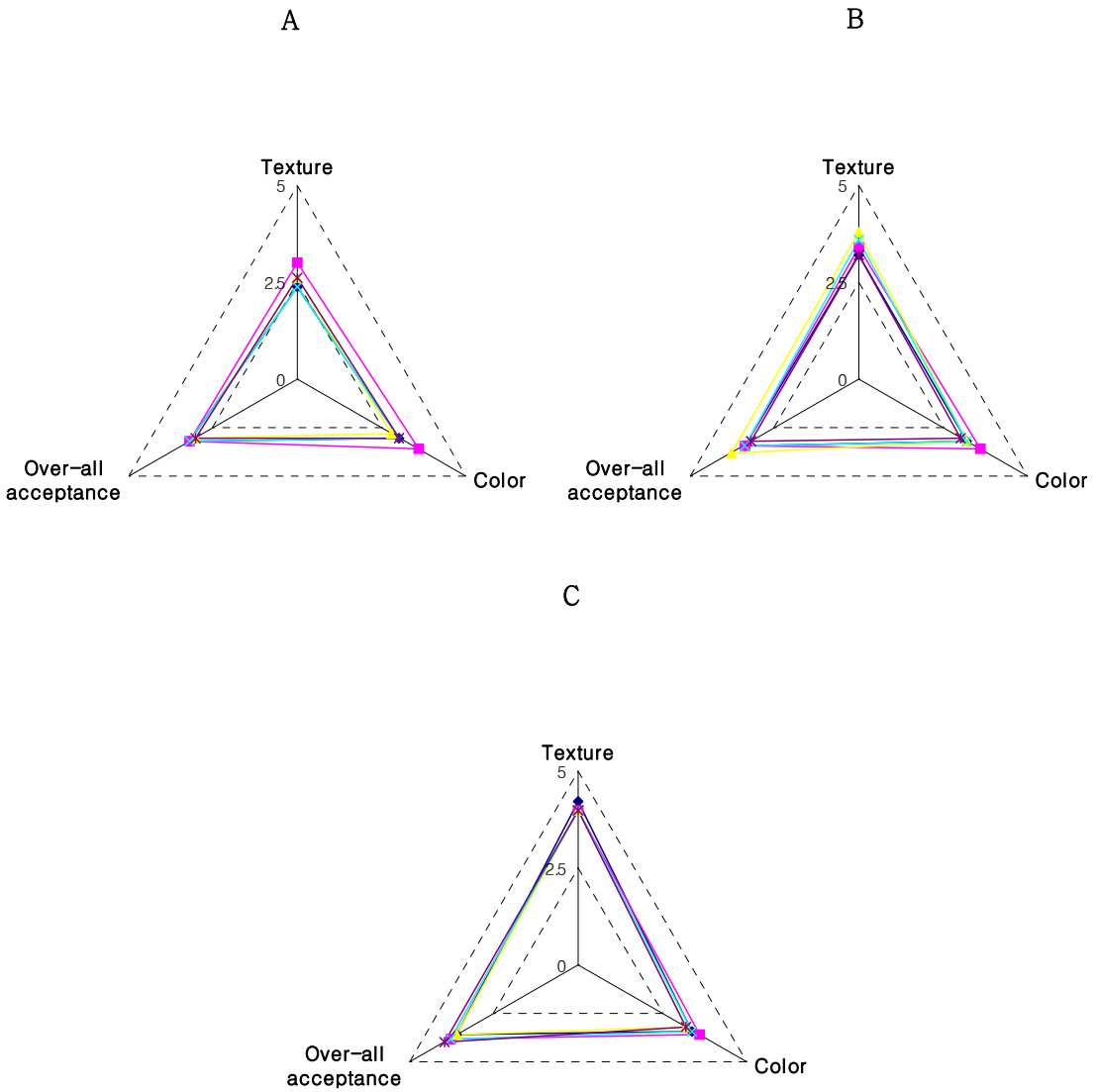


Fig. 2-2-19. Sensory evaluation of cultured Korean rockfish by degree of breaking strength.

A, below of breaking strength 1.2 kg

B, breaking strength 1.2~1.4 kg

C, Above of breaking strength 1.4 kg.

(3) 파괴강도 방정식의 적용 및 그룹화

Table 2-2-22는 파괴강도 방정식 확인을 위하여 무작위로 선정된 조피볼락(n=16)의 수분함량, 지질함량, 콜라겐함량 및 파괴강도를 나타낸 것이다. 또한 조피볼락의 파괴강도도 수분함량이 높고 지질함량은 낮으며 콜라겐함량이 많을수록 높게 나타나고 있었다. 여기서 측정된 수분, 지질, 콜라겐함량을 파괴강도 방정식에 대입하여 계산된 파괴강도를 얻을 수 있었다.

Fig. 2-2-20은 무작위로 선택된 조피볼락의 수분과 지질함량을 파괴강도 방정식에 대입하여 얻어진 파괴강도와 조피볼락에서 실제로 측정된 파괴강도를 비교하여 나타내었다. 방정식을 이용하여 계산된 파괴강도와 rheo-meter를 이용하여 측정한 파괴강도의 상관성이 낮게 나타나고 있었다. 그러나 계산된 값이 장치를 이용한 측정한 값의 표준편차 범위내에 존재하고 있으므로 등급화에는 큰 문제가 되지 않는다고 판단된다.

Table 2-2-22. The content of proximate composition and breaking cultured Korean rockfish

Sample	Weight (kg)	Moisture content (%)	Lipid content (%)	Collagen content (mg/g)	Breaking strength (kg)	Calculated breaking strength (kg)
A	0.30	76.33±0.27	2.87±0.17	2.31±0.05	1.42±0.20	1.65
B	0.28	76.97±0.27	1.72±0.12	2.46±0.01	1.96±0.10	1.79
C	0.34	76.94±0.04	1.90±0.07	2.50±0.01	1.55±0.27	1.78
D	0.34	77.33±0.20	1.11±0.10	2.20±0.01	2.00±0.51	1.82
E	0.38	75.20±0.20	2.52±0.12	2.43±0.03	1.78±0.33	1.78
F	0.55	75.12±0.06	3.11±0.06	3.54±0.16	1.54±0.09	1.85
G	0.55	76.60±0.10	2.88±0.11	4.29±0.18	1.50±0.16	1.90
H	0.41	75.86±0.13	4.05±0.09	3.95±0.32	1.71±0.13	1.73
I	0.42	75.51±0.17	3.86±0.03	2.70±0.07	1.69±0.23	1.61
J	0.50	75.50±0.20	4.01±0.10	2.77±0.07	1.45±0.07	1.60
K	0.44	76.90±0.13	2.18±0.02	2.45±0.03	1.54±0.11	1.73
L	0.40	78.33±0.25	1.60±0.10	2.21±0.06	1.64±0.27	1.70
M	0.44	77.30±0.26	1.73±0.35	2.86±0.14	1.58±0.26	1.83
N	0.42	78.22±0.14	2.44±0.06	3.24±0.02	1.89±0.14	1.72
O	0.48	77.37±0.09	1.89±0.05	2.40±0.06	1.80±0.30	1.74
P	0.42	77.51±0.15	2.77±0.03	2.84±0.09	1.69±0.24	1.67

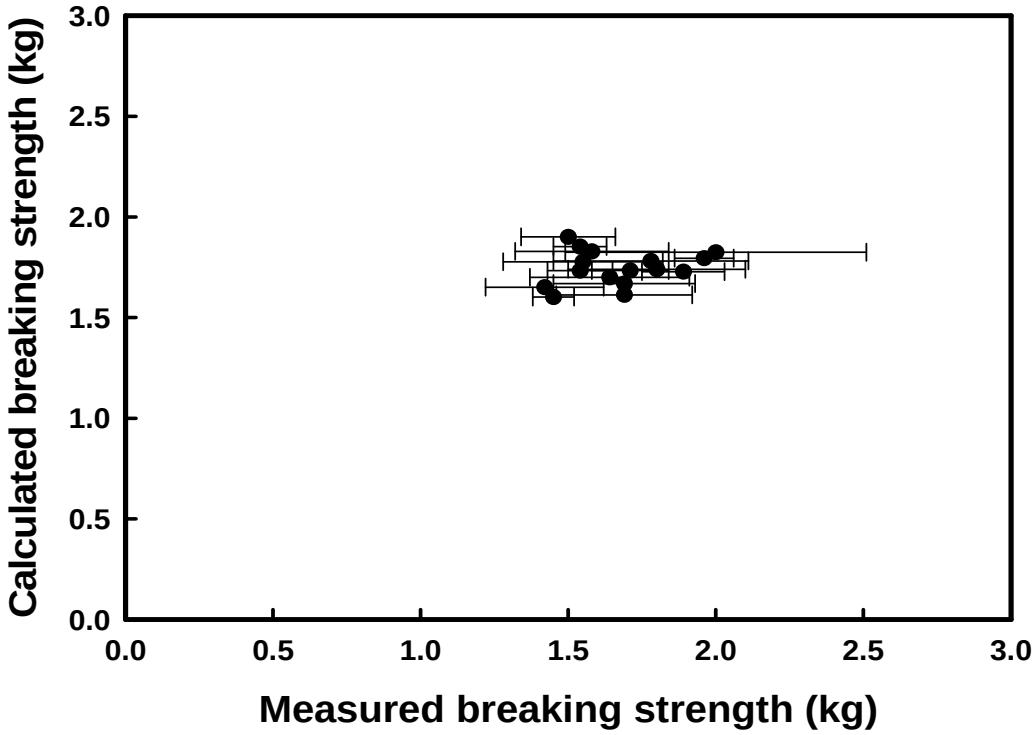


Fig. 2-2-20. Plot measured and calculated breaking strength in cultured Korean rockfish.

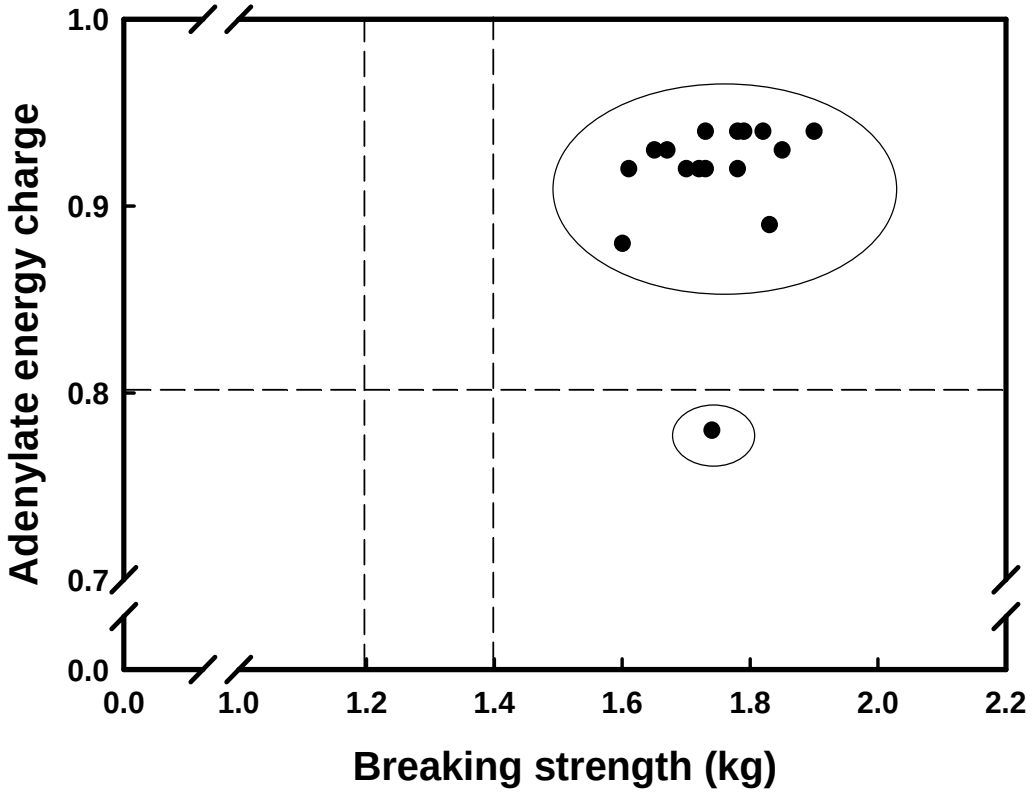


Fig. 2-2-21. Grading for cultured Korean rockfish by adenylate energy charge (AEC) and breaking strength.

- - Quality standard by AEC and breaking strength.

마. 넙치

(1) 파괴강도 방정식

양식산 넙치의 품질판정을 위하여 조사된 근육의 체성분간의 상관성을 피어슨 상관계수로 Table 2-2-23에 나타내었다. 어체의 무게, 수분함량, 지질함량, 콜라겐함량, 파괴강도의 상관성을 살펴보면 파괴강도는 어체 크기를 제외하고 모두 상관관계를 가지는 것으로 나타났으며, 그 상관계수는 각각 0.711, -0.692, 0.713로 나타났다($p<0.05$). 더불어 콜라겐함량은 수분함량과는 양의 상간성을 지질함량과는 음의 상관성을 나타내고 있었다($p<0.05$). 따라서 품질 지표로서 수분, 지질, 콜라겐함량 및 파괴강도가 사용가능하다고 생각된다. 이 결과를 이용하여 파괴강도(Y), 수분함량(X_1), 지질함량(X_2), 콜라겐함량(X_3) 간의 다중회귀분석을 SAS를 통하여 실시하였으며 파괴강도 방정식은 다음과 같다.

$$Y=-3.0670+0.0561X_1+0.0561X_2-0.0116X_3$$

(2) 관능평가에 의한 파괴강도의 등급화

Table 2-2-24은 양식산 넙치를 무작위로 구입하여 10명의 패널요원에게 관능평가를 실시한 결과와 이때, 관능평가에 사용된 생선회의 파괴강도를 측정한 결과이다. 앞에서 언급된 횟감용 활어에서와 마찬가지로 파괴강도값이 높을수록 생선회의 맛이 좋다는 평가를 받았으며, 이 결과를 이용하여 파괴강도값에 따라 상, 중, 하 등급화를 실시하였다. 1.5kg이상이면 상, 1.3~1.5kg을 중, 1.3kg 이하이면 하급으로 분류하여 무작위로 구입한 넙치의 등급화를 시도하였다. 그러나 어종별로 적용되는 파괴강도값이 차이를 보이는 것은 어종에 따라 고유의 육질의 단단함에 가장 큰 영향을 주는 콜라겐 함량의 차이가 가장 크다고 볼 수 있다. 그러므로 동일한 파괴강도값의 등급화는 어렵다고 판단되어 어종별에 따라 등급화는 차이를 보였으며, 1절에서도 언급된 바와 같이, 동일어종에서 크기에 따라 파괴강도가 상관성을 가지지 않으며 품질에 따른 등급화가 가능하다.Table 2-2-23에 나타낸 관능평가 결과를 파괴강도값에 따라 3그룹으로 나누어 관능평가를 실시하였다(Fig. 2-2-22).

Table 2-2-23. Regression coefficients of second order polynomials representing relationship between moisture content, lipid content, collagen content and breaking strength in Oliver flounder

	Moisture content	Lipid content	Collagen content	Breaking strength
Moisture content	1.000			
Lipid content	-0.833* (p<0.001)	1.000		
Collagen content	0.485 (0.067)	-0.464* (0.081)	1.000	
Breaking strength	0.659* (0.008)	-0.763* (0.001)	0.713* (0.003)	1.000

*Correlation is significance at the 0.05 level.

Table 2-2-24 . Between sensory evaluation and breaking strength in Olive flounder

	Texture	Color	Over-all acceptance	Breaking strength (kg)
A	2.6±0.5	3.2±0.4	3.2±0.4	1.23±0.10
	3.0±0.7	3.0±0.0	3.2±0.4	1.24±0.11
	2.8±0.4	3.0±0.0	3.4±0.5	1.15±0.20
	3.0±0.7	3.4±0.5	3.4±0.5	1.06±0.19
	2.6±0.5	3.2±0.4	3.4±0.5	1.26±0.18
B	3.0±0.0	3.4±0.5	3.4±0.5	1.44±0.12
	3.6±1.1	3.2±0.8	3.6±0.5	1.45±0.14
	3.6±0.5	3.6±0.5	3.4±0.5	1.35±0.09
	3.2±0.4	3.4±0.5	3.4±0.5	1.45±0.25
	3.6±0.5	3.2±0.4	3.4±0.5	1.37±0.18
C	4.4±0.5	3.4±0.5	3.8±0.8	1.52±0.13
	3.8±0.4	3.6±0.5	3.6±0.9	1.60±0.18
	4.4±0.5	3.4±0.5	4.2±0.8	1.62±0.15
	4.0±0.7	3.4±0.5	3.8±0.4	1.58±0.20
	4.0±0.7	3.4±0.5	4.0±0.7	1.60±0.35

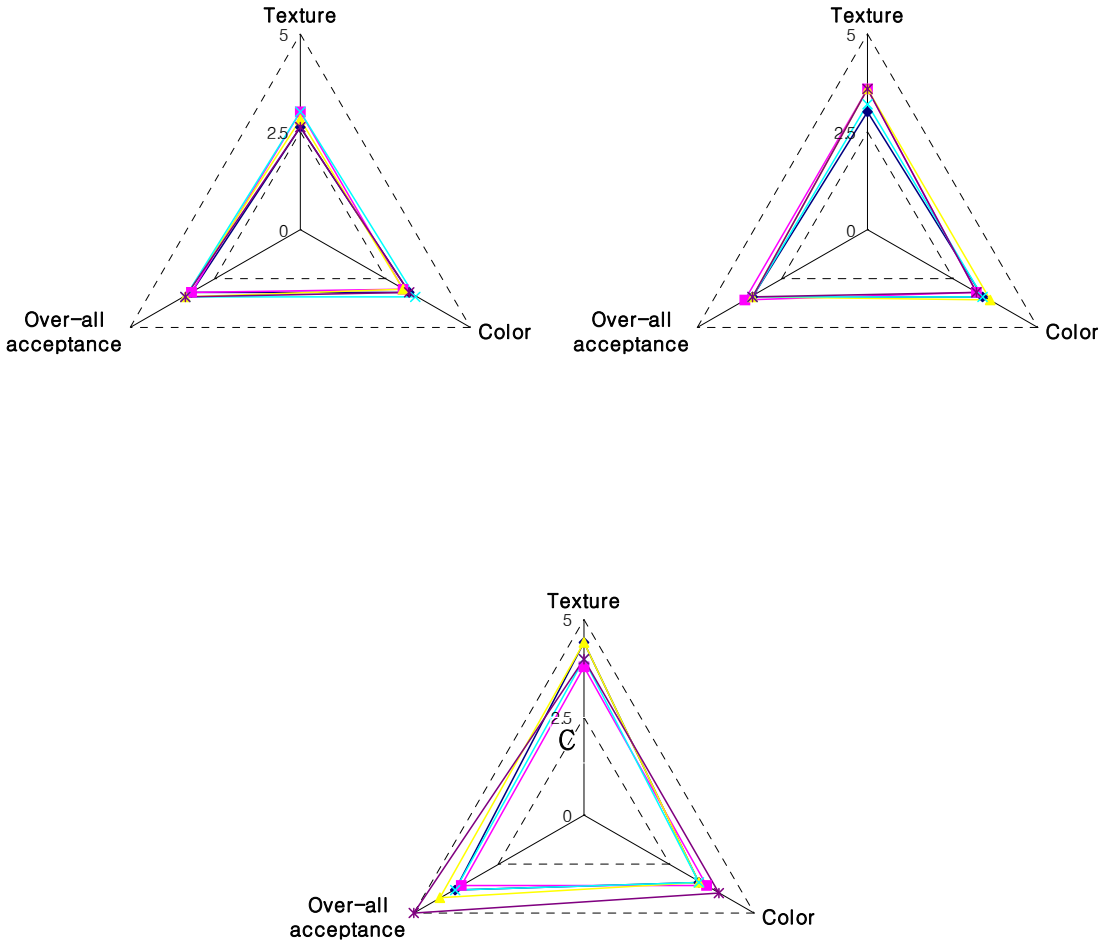


Fig. 2-2-22. Sensory evaluation of Olive flounder.
A, below of breaking strength 1.3 kg
B, breaking strength 1.3~1.5 kg
C, Above of breaking strength 1.5 kg.

(3) 파괴강도 방정식의 적용 및 그룹화

Table 2-2-25는 파괴강도 방정식 확인을 위하여 무작위로 선정된 넙치(n=15)의 수분함량, 지질함량, 콜라겐함량 및 파괴강도를 나타낸 것이다. 또한 조피볼락의 파괴강도도 수분함량이 높고 지질함량은 낮으며 콜라겐함량이 많을수록 높게 나타나고 있었다. 여기서 측정된 수분, 지질, 콜라겐함량을 파괴강도 방정식에 대입하여 계산된 파괴강도를 얻을 수 있었다.

Fig. 2-2-23은 무작위로 선택된 넙치의 수분과 지질함량을 파괴강도 방정식에 대입하여 얻어진 파괴강도와 조피볼락에서 실제로 측정된 파괴강도를 비교하여 나타내었다. 방정식을 이용하여 계산된 파괴강도와 rheo-meter를 이용하여 측정한 파괴강도의 상관성이 낮게 나타나고 있었다.

Fig. 2-2-24 에서 언급한 바와 같이, 관능적으로 파괴강도가 1.5kg이상이면 상, 1.3~1.5kg은 중, 그 이하의 파괴강도은 하급으로 선정된 것을 이용하여 무작위로 구입된 양식산 넙치를 등급화 하였다.

이상에서 살펴본 바와 같이, 횟감용 활어를 생선회로 조리시에 맛에 가장 큰 영향을 주는 것은 육질의 단단함이었다. 그러므로 양식산 활어의 품질을 결정하는 것은 비만도가 아니라 실제 생선회로 조리시에 육질의 단단함이 중요하다고 판단된다. 그러므로 현장에서 파괴강도값을 측정하기는 어려움과 장치가격도 고가이므로 품질지표들을 간접적인 방법으로 확인하고자 하였다. 그 결과, 품질지표로 수분과 지질함량에 의한 계산된 파괴강도와 실측된 파괴강도간의 값이 거의 일치하는 결과를 얻었다. 그러므로 실험하고자하는 어종을 무작위로 선별하여 품질지표들을 이용하여 그룹화하게 되면 양식산 활어의 품질이 평가될 것이다.

Table 2-2-25. Contents of moisture, lipid, collagen and breaking strength in Olive flounder

Sample	Moisture content (%)	Lipid content (%)	Collagen content (mg/g)	Breaking strength (kg)	Calculated breaking strength (kg)
A	75.36±0.26	1.94±0.00	2.25±0.08	1.40±0.11	1.31
B	73.48±0.09	3.21±0.04	2.16±0.03	1.12±0.23	1.15
C	74.27±0.06	2.59±0.10	2.06±0.00	1.01±0.11	1.20
D	75.56±0.38	1.99±0.11	2.00±0.02	1.20±0.29	1.24
E	75.37±0.23	1.80±0.03	1.86±0.04	1.24±0.21	1.24
F	76.49±0.06	1.03±0.07	2.53±0.04	1.47±0.20	1.48
G	77.32±0.06	0.81±0.01	3.21±0.04	1.55±0.30	1.65
H	75.80±0.22	1.66±0.73	2.54±0.05	1.41±0.15	1.41
I	77.36±0.13	0.82±0.07	2.30±0.18	1.51±0.22	1.44
J	76.22±0.29	1.00±0.03	2.62±0.08	1.42±0.24	1.51
K	75.45±0.14	1.04±0.09	2.58±0.01	1.56±0.23	1.50
L	75.20±0.13	2.03±0.12	2.83±0.14	1.53±0.30	1.43
M	74.37±0.11	2.54±0.02	2.36±0.04	1.38±0.09	1.27
N	75.63±0.04	0.81±0.01	2.23±0.03	1.49±0.01	1.45
O	73.40±1.10	0.70±0.01	2.56±0.10	1.48±0.26	1.54

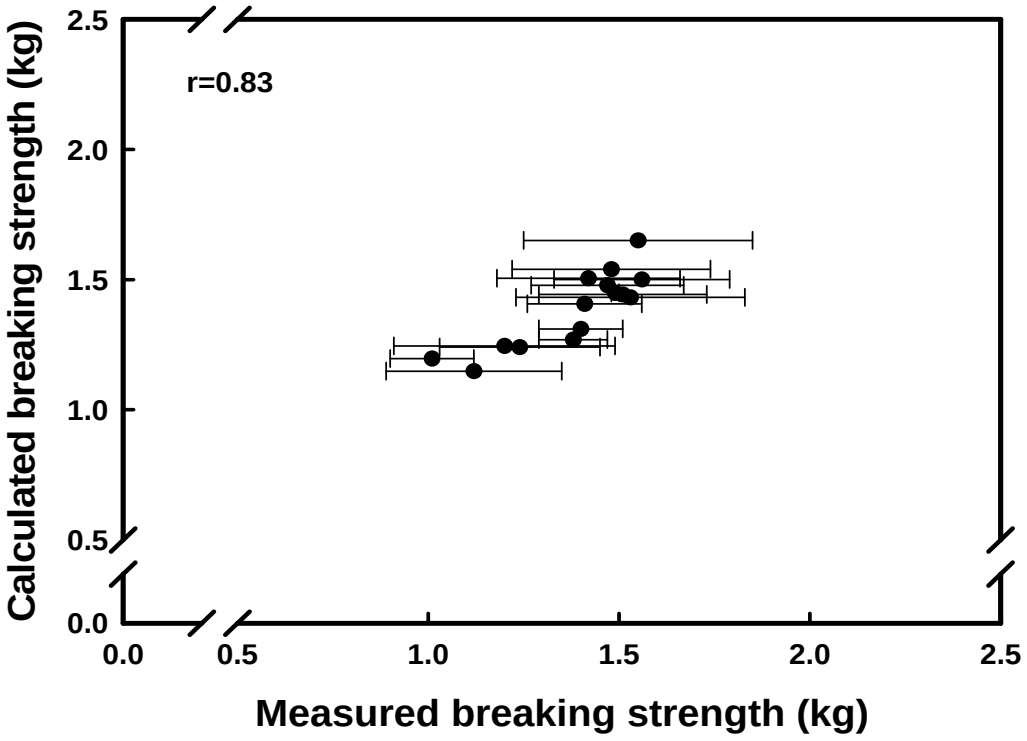


Fig. 2-2-23. Plot measured and calculated breaking strength in Olive flounder.

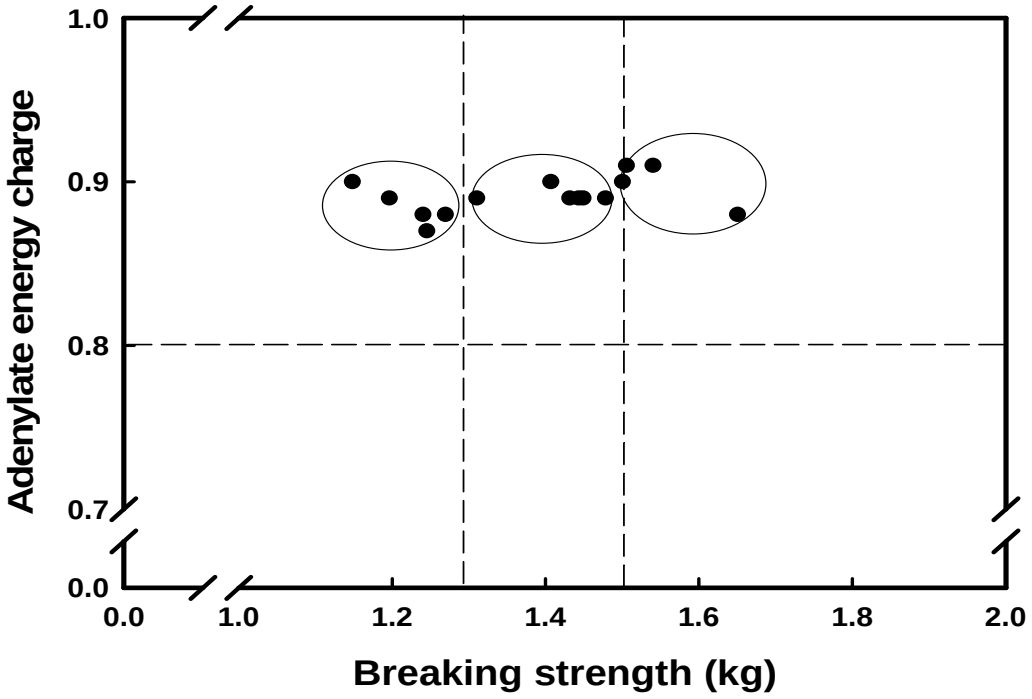


Fig. 2-2-24. Grading for Olive flounder by adenylate energy charge (AEC) and breaking strength.

- - Qualtiy standard by AEC and breaking strength.

제 3절 신속 정확한 양식산 활어의 품질판정 기술검토

1. 서론

제 1절과 2절에서 언급한 바와 같이, 양식산 활어의 품질에 가장 영향을 주는 지표로써, 설문과 관능평가를 통하여 파괴강도임을 확인할 수 있었다. 선정된 파괴강도 값에 영향을 주는 물리·화학적 인자로써 수분, 지질 함량 그리고 일부어종에서는 콜라겐 함량이라는 것을 확인할 수 있었다. 또한, 활어의 건강상태가 나빠지거나 스트레스를 받게 되면, 활어 근육중의 에너지원인 ATP 함량의 변화로 인하여 AEC값이 변화가 된다. 양식산 활어의 품질 판정을 Rheo-meter를 이용하여 간단히 파괴강도 값만을 설정하면 문제가 되지 않겠지만, Rheo-meter 장치가 고가며, 근육을 전처리 할 때의 기술적인 면이 뒤따르기 때문에 실험실에서 간단히 수분과 지질 함량을 조사함으로써 간접적으로 파괴강도 값을 얻을 수 있다. AEC값의 측정은 HPLC를 이용한 기기분석으로 현장에서 바로 사용하는 것은 문제가 있을 것으로 판단된다.

그러므로 본 절에서는 현장에서 간단히 품질판정 지표로 선택된 파괴강도와 AEC값을 얻기 위해서 과일경도계와 휴대용 luminometer를 이용하여 보다 신속, 정확한 판정방법을 확립하고자 하였다. 그리고 휴대용 과일경도계의 이용가능성을 확인하기 위하여 틀과 어육을 필렛에 바로 적용하였을 경우의 파괴강도값과 실제 rheo-meter에 측정된 값과의 비교, 검토하여 정확도를 검정하였다. 또한, 앞장에서 언급된 AEC값과 ATP값의 상관성을 조사하여 ATP값을 이용한 AEC값을 산출하고자 하였으며, 휴대용 Luminometer에 사용가능한 추출용매를 선택하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

가. 과일경도계(Fruit hardness tester, FHM-1)에 의한 파괴강도 측정

활어를 즉살시킨 후 혈액을 제거하여 참돔의 등쪽 근육을 밑면이 평행하게 필렛하여 2×2×1 cm의 크기로 정사각형의 칼집을 위에서 찍은 후에, 칼집 위로 돌출된 부분을 잘라내고 근육의 두께를 1 cm로 균일하게 하여 과일경도계(fruits hardness tester, FHM-1)의 측정시료료 사용하였다.

나. 루미노메타(Lumitester, PD-10)에 의한 ATP 측정

활어의 건강도를 측정하기 위한 간이법으로 루미노 메타(PD-10, Japan)를 이용하였다. 어육에서 ATP를 추출하기 위한 최적 추출용매로써 glycine buffer, tris-HCl buffer, citrate buffer, tris-malate buffer, phosphate buffer, borate buffer를 각각 농도 0.5M, pH6.8로 맞추어 검색하였다. 측정방법은 8μmol ATP 표준물질용액으로 RLU값을 구하고, 실제 어육에서의 ATP 추출가능 여부를 확인하기 위해 어육 2.5g을 각 buffer에 추출된 용액으로 RLU값을 측정하여 최적의 추출용매를 선정하였다.

선정된 최적 추출용매로 ATP(Adenyl 5′-triphosphate) 표품을 이용하여 luminometer로 검량선을 작성하였다(Fig. 2-3-3)에 나타내었다.

최적의 추출용매로 선정된 0.5M phosphate buffer(pH 6.8) 25ml에 마쇄한 육 2.5g을 넣어 추출한 어육 추출액을 luminometer 와 HPLC(waters 600, Island)를 이용하여 분석하였다. 또 luminometer로 측정된 값은 ATP 함량과 AEC값과의 상관식을 이용하여 계산된 AEC값과 HPLC로 분석된 값과의 오차를 계산하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 관능평가에 의한 활어의 품질판정

현장에서 신속정확하게 분석하기 위한 방법으로 관능평가에 의한 품질판정 방법을 검토하여, 육의 외관, 맛, 형태 등을 관능평가요원이 살펴보고 품질을 등급화를 시도하였다. 그러나 이 방법은 관능평가요원에 의한 객관성이 결여될 가능성이 있으며, 살아있는 활어 상태에서 품질요인을 설정하기는 대단히 어렵다고 판단된다.

Table 2-3-1은 활어의 선도를 판정할 수 있는 선도판정 기준을 모식화한 것이다. 크게 어피, 안구, 복부, 아가미, 조직감을 품질요인으로 선정하였으며, 각 품질요인별에 따른 평가방법을 나타내었다. 즉, 외형적 특성/조직감, 안구, 아가미, 복부에 대하여 미리 품질 평가기준을 정하고 전문적인 패널에 의해서 평가한다. 점수는 외형적 특징에 따라서 품질점수를 부여하는데 0~3까지 범위를 정하고 부여한다. 예를 들어, 매우 신선한 경우에는 0점을 부여한다. 각 항목에 대하여 점수를 합하여 점수가 낮을수록 좋은 것이다. 그러나 이는 선도를 기준

으로 등급화가 가능하지만, 실제 살아있는 활어의 상태에서는 대부분 낮은 점수를 부여받게 된다. 또한 전문적인 패널요원의 양성이라는 문제점도 가지게 됨으로 관능적인 품질요인으로 양식산 활어의 품질을 판정하는 것은 불가능하다고 판단되어지며, 비만도를 기준으로 판정하는 방법밖에는 될 수 없을 것이다.

Table 2-3-1. Quality index scheme for cultured Red seabream

품질 요인	묘 사	Score
어 피		
색깔/외형	진주 빛으로 빛남	0
	머리부분은 진주 빛으로 빛나지만 나머지 부분은 누렇게 됨	1
점액	선명하고 굳지 않음	0
	우유 빛에 굳음	1
	누렇고 굳음	2
냄새	신선한 바다 및 오이 냄새	0
	금속, 건초, 곡류 냄새	1
	시큼한 냄새	2
	부패 냄새	3
안 구		
눈동자	선명하고 검은색	0
	검회색	1
	광택이 없고 회색	2
형태	평평함	0
	약간 함몰됨	1
	함몰	2
복 부		
복부의 혈액	혈액이 선홍색이고 굳지 않음	0
	혈액이 갈색화 됨	1
냄새	자연적인 냄새	0
	곡류 냄새	1
	시큼한 냄새	2
	부패 냄새	3
아 가 미		
색깔/외형	적색/짙은 갈색	0
	밝은 적색/갈색	1
	회갈색, 회색, 녹색	2
점액	투명함	0
	누렇고 굳음	1
	갈색	2
냄새	신선한 바다냄새	0
	금속 냄새	1
	시큼한 냄새	2
	부패 냄새	3
조 직 감		
탄성	손가락 자국이 바로 사라짐	0
	손가락 자국이 3초 이상 남음	1
Total		0-22

나. 과일경도계(Fruit hardness tester, FHM-1)에 의한 활어의 품질판정

과일 경도계(Fruit hardness tester)에 의한 수치는 과일이 성숙해가면서 감소하고 수확기에 이르러 최저의 경도치를 나타낸다. 과일 경도계는 그 성숙의 정도를 확인하는데 사용되며 과일표면의 기계적 압력에 대한 저항력을 수치적으로 표시해 놓은 것이다. 이 장치의 특징은 휴대성이 우수하며, 측정이 간단하는 점을 감안하여 활어의 근육에 직접적으로 사용하여 파괴강도값이 측정유무와 실제 물성측정기에 측정한 값과 적합성을 확인하고자 하였다. 그러므로 현장에서의 신속, 정확한 측정방법확립을 위하여, 활어의 표피를 제거하고 2×2×1cm의 틀을 사용하여 근육을 일정크기로 잘라 측정한 것과 필렛을 뜬 상태에서 측정하는 방법을 검토하여보았다.

양식산 참돔을 즉살 시킨 후, 혈액을 제거하고 등육을 필렛(fillet)하여서 20 × 20 × 10 mm 크기의 정사각형 틀을 사용하여 육의 두께를 10 mm로 균일하게 하여 과일경도계와 레오 미터를 사용하여 파괴강도를 측정하였다. 두 장치의 상관성은 r=0.74, 과일경도계로 측정한 값이 약 1kg 정도 값이 적게 나타났지만, 상관성이 높으므로 과일경도로 측정한 값에 1kg을 더해 주면 물성측정 장치로 측정한 값과 거의 일치하였다(Fig. 2-3-1).

그러므로 현장에서의 신속, 정확한 품질판정이 가능할 것으로 판정되나, 활어의 등육을 필렛을 뜨고, 틀을 이용하여 근육을 전 처리하기 위해서는 많은 시간과 숙련된 기술을 필요로 한다. 그러므로 일정형태의 틀을 사용하지 않고 필렛 상태에서 측정하여 상관성을 살펴보았다. Fig. 2-3-2은 양식산 참돔의 등육을 필렛(fillet)하여 과일경도계와 레오 미터를 사용하여 파괴강도를 측정한 결과이다. 일정크기의 틀을 이용한 결과와 비슷하게, 물성측정기에서 측정한 값에 1kg 정도 낮게 나타났으며, 두 값의 상관성이 r=0.69로 측정되었다. 활어의 근육을 과일경도계의 사용이 가능할 것으로 판단되며, 이를 이용할 경우, 샘플을 무작위로 조사하여 평균값을 등급화 기준에 이용하는 것이 적합하다고 판단된다.

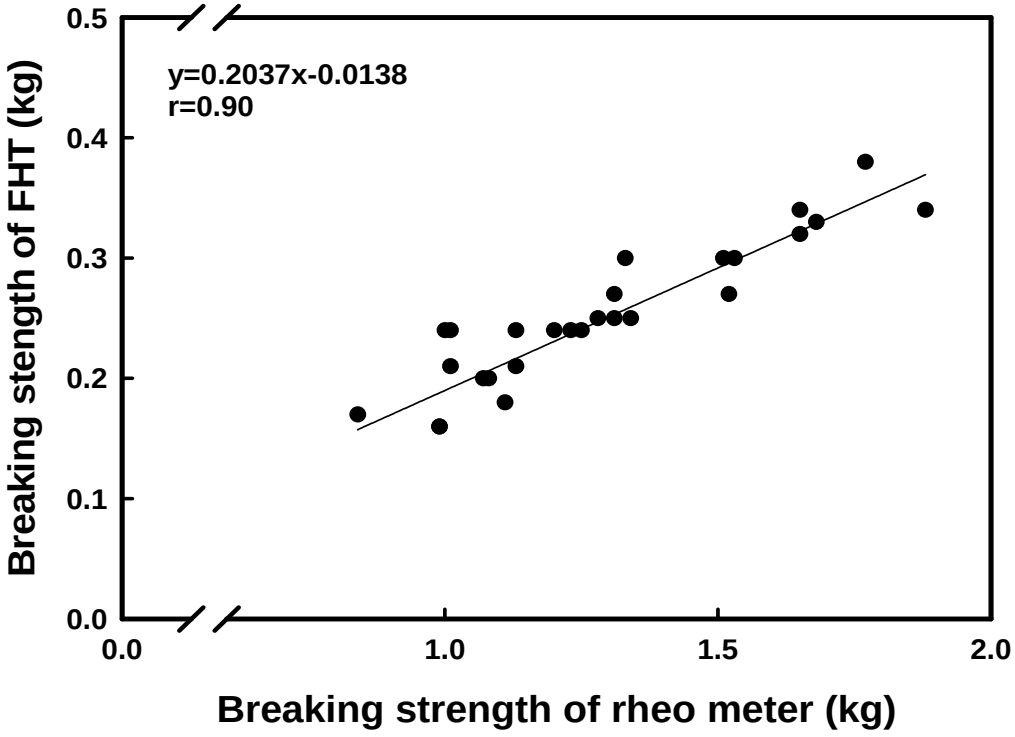


Fig 2-3-1 Relation between the breaking strength of reho meter and fruit hardness tester(FHT) in Red seabream which flesh is cut with regular size.

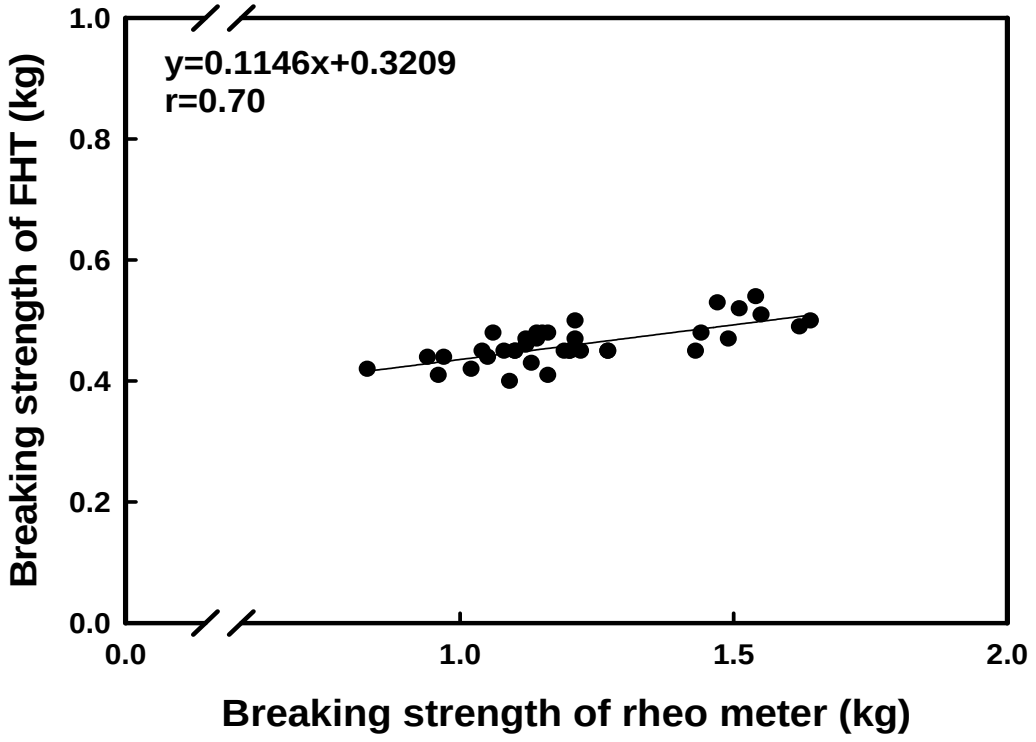


Fig. 2-3-2. Relation between the breaking strength of reho meter and fruit hardness tester(FHT) in Red seabream which measured fillet.

다. 루미노메타(Lumitester, PD-10)의 적용

Lumitester는 모든 생물의 생체에너지원인 ATP가 루시페린이라는 반딧불이의 발광물질과 반응할 때 발생하는 빛의 강도를 측정해 미생물의 존재여부를 알 수 있게 해주는 장치이다. 따라서 고기, 생선, 과일, 야채, 생수 등이 미생물에 오염돼 있는 지를 수분내로 알 수 있다. 기존의 검사방법은 식품 샘플을 채취, 무균 배지에 배양한 후 며칠이 지나야 균의 증식여부를 확인할 수 있지만, Lumitester는 미생물 측정의 간편성 때문에 검사기간이 짧지만 비용이 비싸서 불리한 점이 많다. 이 장치를 이용하여 활어의 근육에서 ATP 함량을 측정하여 활어의 근육 품질판정에 적용시켜 신속한 근육 품질판정이 가능한지를 검색하였다.

(1) 최적의 추출용매

일반적인 luminometer에서 사용하는 용매는 생리식염수에 균을 묻혀 측정하게 된다. 그러나 본 연구에서는 어육에서 ATP 관련화합물을 추출하여야 하며, 추출액을 luminometer에 사용하여야 한다. 간단측정을 위한 luminometer 측정 kit 내에는 발광을 할 수 있도록 luciferase가 함유되어 있으므로 일반 ATP 관련화합물을 측정하듯이 PCA(perchoric acid)등을 사용하는 것은 무리가 있었다. 그러므로, 추출용매로써 glycine buffer, tris-HCl buffer, citrate buffer, tris-malate buffer, phosphate buffer, borate buffer를 사용하여 ATP 표준물질의 측정이 가능한 지를 확인하였다(Table 2-3-2). 실제 어육을 이용한 추출에서는 phosphate buffer만이 검출되었다.

Table 2-3-2에서 보는 바와 같이, tris-HCl buffer를 제외한 Glycine buffer에서는 362,732 RLU, citrate buffer는 225,652 RLU, phosphate buffer는 70,660 RLU, borate buffer는 676,402 RLU값을 얻었으나, buffer 25ml에 마쇄한 육 2.5g을 넣어 추출한 어육 추출액에서 luminometer의 측정에서는 0.5M phosphate buffer(pH 6.8) 만이 측정되었다. 그러므로 휴대용 luminometer에 가장 적합한 추출용매는 0.5M phosphate buffer(pH 6.8)이며, 이 용매를 이용하여 Fig. 2-3-3에 ATP 함량에 대한 검량선을 나타내었다.

(2) AEC값과 luminometer 측정값간의 상관성

Luminometer로 측정된 값은 ATP 함량을 나타낸 것으로, 앞에서 살펴본 ATP 함량과 AEC값간의 상관성을 조사하여, luminometer에서 측정된 ATP함

량을 이용하여 AEC값을 도출하고자 하였다. Fig. 2-3-4는 실제 AEC값과 ATP 함량간의 상관성을 나타낸 것으로, 두 값들에 대한 상관관계를 이용하여 $Y=0.0022X^3-0.047X^2+0.3252X+0.1743$ 이라는 관계식을 얻을 수 있었다($r=0.89$). 이 방정식을 이용하여 luminometer에서 측정된 ATP 함량을 이용하여 활어의 건강상태인 AEC값을 얻을 수 있었다.

따라서 민락동의 활어 계류장에서 참돔을 50미를 무작위로 구입한 후, luminometer를 이용하여 ATP함량을 측정하여 AEC 값을 구하고, 이 결과를 HPLC를 이용한 AEC값과 비교하였을때 두 값이 거의 일치하였다(Table 2-3-3). 그러므로 실제 HPLC를 이용한 AEC값과 luminometer를 이용한 값과의 상관성은 매우 높았으며, luminometer를 이용한 활어의 건강도를 측정가능성을 확인할 수 있었다.

그러므로 생선회의 품질에 가장 큰 영향을 주는 파괴강도값을 휴대용 과일경도계를 이용하여 측정하고, 활어의 건강도를 luminometer를 이용하여 측정한다면 현장에서 신속, 정확히 품질판정이 가능할 것이다.

따라서 본 연구에서의 보완사항들을 검토 후, 활어도매시장을 중심으로 본 연구 결과물을 이용한 어종별 등급화를 시도해 볼 계획이며, 그 결과들을 기초하여 전국 활어 도매시장의 중매인들을 교육, 보급함으로 소비자들에게 고품질의 생선회 보급이 가능하게 될 것이며, 양식어민들에게는 고급어종에 대한 가격이 보장됨으로써 고품질의 양식산 활어 생산에 노력을 기울일 것이다.

Table 2-3-2. Effect of various buffer which is measured ATP contents by luminometer

Buffer	Luminometer (RLU)	
	8μmol ATP standard	sample
Glycine buffer (pH 6.8)	362,732	-
Tris-HCl buffer (pH 6.8)	-	-
Citrate buffer (pH 6.8)	225,652	-
Tris-malate buffer (pH 6.8)	368,218	-
Phosphate buffer (pH 6.8)	70,660	805592
Borate buffer (pH 6.8)	676,402	-

* sample is extracted ATP compound that 2.5g muscle dissolved 25ml 0.5M phosphate buffer

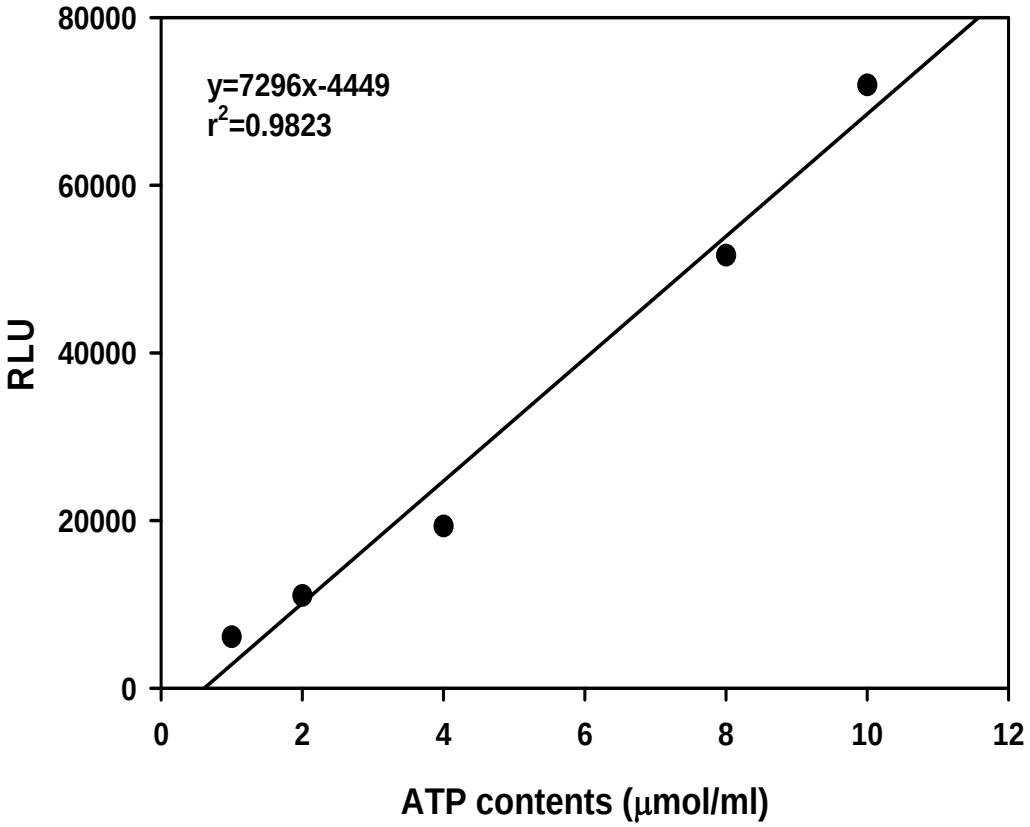


Fig. 2-3-3. Standard curve ATP which is dissolved 0.5M phosphate buffer with luminometer.

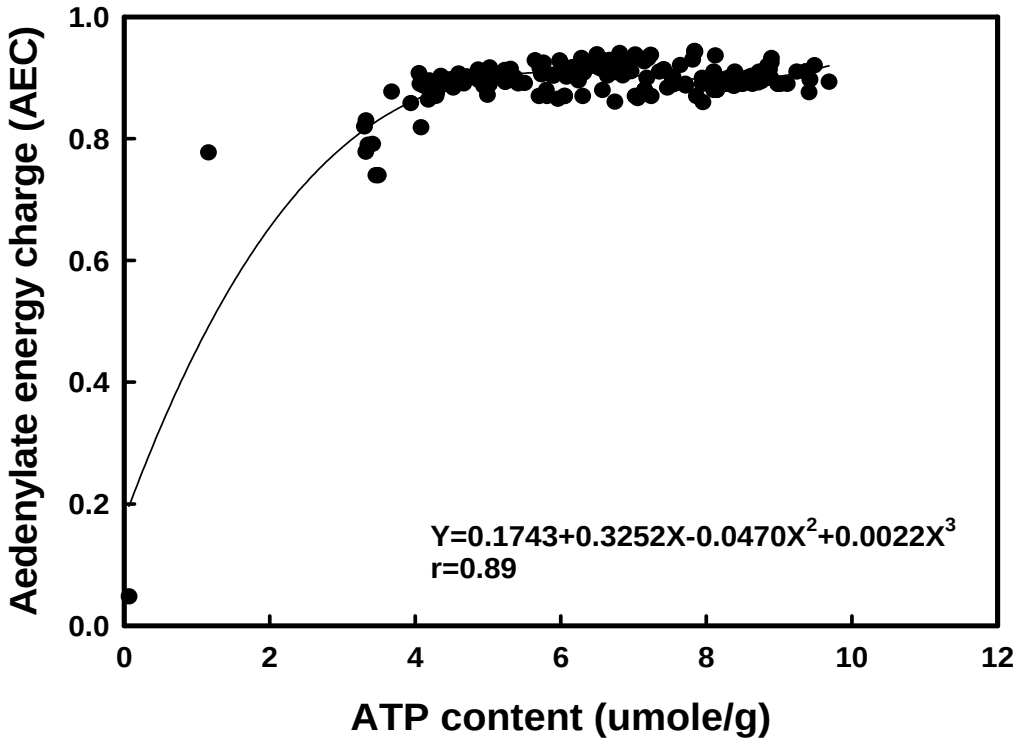


Fig. 4-4 . Plot ATP content and adenylate energy charge (AEC).

Table 2-3-3. The content of AEC and prediction value of AEC in Red seabream

No.	RLU	ATP content(μmol/g)	calculated AEC	measured AEC
1	805592	4.71	0.893	0.889
2	795426	4.63	0.891	0.891
3	802312	4.68	0.892	0.902
4	768951	4.44	0.884	0.884
5	678451	3.80	0.852	0.890
6	801475	4.68	0.892	0.887
7	814965	4.77	0.895	0.905
8	832122	4.90	0.898	0.893
9	745861	4.28	0.878	0.864
10	804658	4.70	0.893	0.905
11	635248	3.49	0.830	0.876
12	642158	3.54	0.834	0.858
13	521487	2.67	0.750	0.913
14	807898	4.72	0.894	0.897
15	812111	4.75	0.894	0.902
16	586475	3.14	0.800	0.909
17	821875	4.82	0.896	0.872
18	610465	3.31	0.816	0.908
19	805664	4.71	0.893	0.870
20	802548	4.69	0.892	0.895
21	548745	2.87	0.772	0.914
22	804587	4.70	0.893	0.912
23	514625	2.62	0.744	0.901
24	814585	4.77	0.895	0.905
25	576254	3.06	0.793	0.830
26	810214	4.74	0.894	0.906
27	502486	2.54	0.733	0.915
28	805423	4.71	0.893	0.889
29	810425	4.74	0.894	0.896
30	512045	2.60	0.741	0.886
31	810245	4.74	0.894	0.867
32	615786	3.35	0.819	0.876
33	802548	4.69	0.892	0.894
34	815625	4.78	0.895	0.911
35	624865	3.41	0.824	0.918
36	829648	4.88	0.898	0.914
37	819754	4.81	0.896	0.932
38	801520	4.68	0.892	0.921
39	802045	4.68	0.892	0.903
40	810548	4.74	0.894	0.896
41	811768	4.75	0.894	0.890
42	823952	4.84	0.897	0.904
43	804256	4.70	0.893	0.904
44	805764	4.71	0.893	0.907
45	804245	4.70	0.893	0.921
46	804862	4.70	0.893	0.903
47	810475	4.74	0.894	0.892
48	802458	4.68	0.892	0.913
49	811035	4.75	0.894	0.916
50	810865	4.74	0.894	0.891

제 3 장 연구목표 달성도, 기여도 및 활용계획

제 1절 연구개발 목표의 달성도 및 기여도

1. 연구개발 목표

가. 최종목표

최근에 우리나라의 외식산업은 비약적인 발전을 거듭하였으며, 특히 생선회는 건강지향성과 기호성이라는 측면에서 두 가지 조건 모두를 만족시키는 웰빙(well-being)식품으로 알려지면서 생선회의 소비는 급증하고 있다. 그러나 생선회로 소비할 수 있는 자연산 활어는 남획에 따른 자원고갈 및 어장축소 등 여러 가지 이유로 현재 유통되고 있는 생선회의 90% 이상은 양식산 활어이며, 가까운 중국이나 일본 등지에서 생선회로 먹기 위하여 많은 량의 활어가 수입되고 있다. 양식산 활어는 활어차로 수송되어 소비지의 활어시장에서 거래되고 있으나, 많은 경우, 활어의 가격은 활어의 품질에 관계없이 중량을 기준으로 거래되고 있는 실정이다. 활어는 일반적으로 육질이 단단하고 탄력이 좋은 어종일수록 고급횟감으로 취급되어지고 있는데, 이와 같이 중량단위로서만 거래된다면 좋은 품질의 활어가 제대로 된 가격을 받지 못하게 될 뿐만 아니라, 활어를 생산하는 양식업자나 어촌계는 어류를 양식할 때 살만 찌우려 할 것이며, 양질의 활어를 생산한 업자라도 어차피 중량으로 가격이 산정되기 때문에 질 좋은 양식어류를 생산하려고 하지 않을 뿐만 아니라 좋은 활어를 생산한 양식업자가 피해를 보게 될 것이다. 이것은 중량은 같더라도 좋은 품질의 활어에 차별화 된 가격을 지불하는 제도가 도입된다면 이와 같은 문제는 충분히 개선할 수 있을 것으로 사료된다. 그러나 현재는 활어의 품질을 평가할 수 있는 객관적인 품질판정 기술이 없고, 양식기술이 중량을 증대시키는 방향으로 발전되고 있으므로, 장기적으로는 소비자들에게 외면당할 수밖에 없을 것이다. 그러므로 활어 품질판정 기술의 개발은 우리나라 양식업의 대외경쟁력을 갖추게 할뿐만 아니라 어민소득을 향상시킬 수 있다. 또한 활어의 유통질서를 갖추기 위해서는 활어의 품질을 판정하는 기술이 시급히 개발되어야 할 과제이므로, 본 연구에서는 양식산 활어 근육의 품질을 정확하고도 신속하게 판정할 수 있는 기술개발을 목표로 하였다.

나. 연차별 목표

본 연구의 목표를 효과적으로 달성하기 위하여 1차 년도에는 양식 활어의 품질판정을 위한 지표의 검색과 설정을 위하여 물리·화학적 및 효소적 방법으로 검토하여 최적의 지표를 설정하고, 2차 년도에는 설정된 품질판정 지표의 확립과 산업화를 위하여, 국내산과 수입산, 자연산과 양식산의 품질비교, 그리고 이를 통한 어종별 품질지표들 간의 상관성을 검토하여 수식화하고 마지막으로 신속, 간편한 활어품질의 측정법 개발을 위하여 각종 방법 등을 검토하여 현장에서 적용할 수 있도록 하였다.

2. 연구개발 목표의 달성도 및 평가

본 연구에서 목표로 하고 있는 양식산 활어의 품질판정 지표의 설정 및 이를 통한 활어의 품질판정 기술개발을 정립하기 위하여 1차 년도에는 강제운동, 사료의 조성 및 크기 등 활어의 품질에 영향을 미치는 여러 가지 factor들을 변화시키면서 이에 따라 변화되는 물리, 화학적 및 효소적 지표들을 검색하여 품질지표를 설정하였으며, 2차 년도에는 설정된 품질판정 지표를 토대로 활어의 종류, 국내산과 수입산 활어, 자연산과 양식산 활어의 품질판정에 적용 가능성을 검토하였고, 또한 어종별 품질지표들 간의 상관성을 검토하여 계산식을 도출하였으며, 마지막으로 최초 계획에는 포함되어 있지 않았지만, 실험을 하지 않고도 현장에서 바로 측정이 가능한 신속, 간편한 활어품질의 측정방법을 도출할 수 있었다.

Table 3-1. 연구목표의 달성도 및 평가

연구세부계획	연구 달성도	점수
◎ 실험수조의 설계 및 제작	일반사육수조와 운동수조로 나누어 제작하였으며, 운동수조는 수용량, 해수의 유속, 여과능력, 수온조절이 가능하도록 하였으며, 모든 장비들을 제어할 수 있도록 컨트롤박스를 설치하였다. 수조 제작단계에서 모델실험을 통하여 유속, 운동시간 및 횟수 등을 조사하여 적정 운동사육조건을 도출하였다.	100

연구세부계획	연구 달성도	점수
◎ 물리·화학적 방법에 의한 품질판정 지표 검색	운동사육수조에서의 운동유무 및 횟수, 사료의 조성 차이, 어체의 크기 및 어종에 따라 근육의 breaking strength, 수분 및 지방함량, 콜라겐 함량, 지질조성 등 활어의 품질지표를 검색하여 최적의 품질지표를 도출하였다.	100
◎ 효소적 방법에 의한 품질판정 지표 검색	활어의 운동유무 및 횟수, 사료의 조성 차이, 어체의 크기 및 어종에 따라 ATP 관련물질의 함량, Adenylate energy charge(AEC), ATPase 활성 등 효소적 품질지표를 검색하여 최적의 품질지표를 도출하였다.	100
◎ 활어근육의 품질판정 지표 설정, 상관성 조사 및 수식화	활어에 대한 물리화학적 및 효소적 품질지표를 조합하여 품질지표를 설정하였으며, 설정된 지표들을 이용하여 상관성을 조사하고 품질판정식을 도출하였다.	100
◎ 활어의 종류별 품질비교	활어를 무작위로 구입하여 품질판정식으로서 품질을 판정하고 실제 측정한 값과 비교하여 어종에 따른 최적의 품질판정식을 구하였다	100
◎ 국내산과 수입산 활어의 품질비교	동일 어종에 대하여 국내산과 수입산 활어의 품질을 비교하였다.	100
◎ 자연산과 양식산 활어 근육의 품질비교	동일 어종에 대하여 자연산과 양식산 활어의 품질을 비교하였다.	100
◎ 활어 근육의 품질에 따른 품질 grouping 및 품질기준 설정	활어시장에서 무작위로 양식산 활어를 구입하여 실험하여 품질을 등급화하고 품질기준을 제시하였다.	100
◎ 신속, 간편한 활어의 품질판정 기술개발, 검토	간편하게 지참할 수 있는 Fruit hardness tester과 루미노미터를 이용하여 품질지표를 손쉽게 계산하고 이를 이용하여 품질을 간단히 측정할 수 있었다.	100

3. 산업발전에의 기여도

본 연구에서 목표로 잡은 양식산 활어의 품질판정 지표의 설정 및 이를 통한 활어의 품질판정 기술개발을 정립할 수 있었다. 이것은 국내에서 생산되는 활어 및 수입산 활어의 품질을 평가할 수 있는 방법을 및 평가기준을 제시함으로서, 국내 활어시장에서 활어의 품질평가에 의한 가격차별화로 양식산 활어의 유통질서의 질서를 확립하고 품질향상을 유도하여 수입활어에 대한 경쟁력을 강화할 수 있다. 그리고 이 기술은 양식어민들의 소득증대에 기여함과 동시에 양식업계, 생선회와 관련한 산업 및 우리나라의 식문화 발전에 새로운 전기를 만들 수 있을 것으로 기대된다.

가. 기술적 측면

- 활어의 품질평가 방법의 개발
- 활어의 품질평가 방법을 도입함으로서 양식 어류의 품질을 증대시킬 수 있는 사육방법의 개발, 제시
- 우리의 생선회의 국제화를 위한 저변기술을 확보.

나. 경제·산업적 측면

- 활어의 가격을 중량이 아닌 품질에 기초하여 지불함으로서 국내산 활어 품질의 고급화 유도
- 수입산에 대한 국내산 활어의 품질 경쟁력을 확보함으로서 점차 증대되고 있는 수입산 활어에 대한 국내산 활어의 시장 점유율을 증대
- 국내산 활어의 품질을 증대시킴으로서 활어 수출을 도모하고 이를 통한 양식어민들의 소득증대에 기여

제 2절 연구개발결과의 활용계획

1. 연구결과별 활용가능영역

가. 양식산 활어의 품질판정 지표의 설정

양식산 활어의 품질판정을 위해 선정된 지표들을 향후 양식어민들을 대상으로 지도활용함으로써 고품질의 양식활어의 생산을 유도할 예정이다. 그리고 활어의 종류 및 수용밀도에 따라 활어를 수용할 수 있는 적정한 수준의 수조 크기를 선정하여 일반 사육수조와 활어를 강제적으로 운동시킬 수 있는 실험수조를 설계하고 제작한 결과들을 양식어가에 기존의 수조 등을 개량하는 방법 등

을 이용하여 고품질의 양식활어를 생산하도록 지도, 보급할 예정이다.

나. 어종에 따른 품질판정 지표의 적용 및 수식화

양식산 활어가 위판되고 있는 공동어시장의 중매인들을 대상으로 지도 교육하여 판매되고 있는 양식산 활어의 등급화를 시도할 예정이며, 이로 인하여 비만도를 기준으로 판매되는 현 유통현황의 문제점을 개선할 예정이다.

다. 신속, 정확한 양식산 활어의 품질판정 기술의 검토

육질의 단단함은 휴대용 경도계로, 활어의 건강도는 luminometer로 특정 지역의 공동어시장에서 판매되는 양식산 활어를 평가하여 등급화를 시도할 예정이다. 이 결과를 토대로 각 공동어시장에 보급, 지도하여 실제 유통시장에의 적용가능성을 타진하고 향후 비만도가 기준이 아닌 생선회의 맛에 중점을 둔 등급화를 보편화시켜, 양식어민들의 고품질 활어의 생산을 유도하며, 소비자들은 맛있는 생선회를 접함으로써 소비촉진을 유도할 예정이다.

2. 연구성과활용 총괄

가. 학술지 게재 : 3편

(1) 물리·화학적 방법에 의한 참돔의 품질판정, 한국양식학회지, 17(3), 173-179

(2) 효소·화학적 방법에 의한 참돔의 품질판정, 한국양식학회지, 17(3), 167-172

(3) 물리 및 효소화학적 방법에 의한 참돔의 품질판정 지표 설정, 17(3), 228-232

나. 학술대회 발표 : 5편

(1) 물리·화학적 및 효소적 방법에 의한 참돔의 품질판정 지표 설정, 2003년도 한국양식학회 추계학술대회(2003. 10. 24), 한국양식학회

(2) 효소적 방법에 의한 참돔의 품질판정에 관한 연구, 2003년도 한국양식학회 추계학술대회(2003. 10. 24), 한국양식학회

(3)물리·화학적 방법에 의한 참돔의 품질판정에 관한 연구, 2003년도 한국양식학회 추계학술대회(2003. 10. 24), 한국양식학회

(4) 물리·효소 화학적 방법에 의한 참돔의 품질판정, 2004년도 수산관련학회 공동학술대회(2004. 5. 13), 수산관련학회

(5) 넙치와 참돔의 품질 판정 지표에 대한 검색, 2004년도 수산관련학회 공

동학술대회(2004. 5. 13), 수산관련학회

다. 인력양성

(1) 부경대학교 일반대학원

: 물리·화학적 방법에 의한 참돔의 품질 지표설정 및 판정에 관한 연구 (2005. 02. 공학석사)

(2) 부경대학교 산업대학원

: 양식산 활어의 품질판정을 위한 수식 및 등급화 (2005. 8, 공학석사 학위 예정)

라. 산업재산권

양식산 활어의 품질판정 기술(2005. 1월 특허 출원 예정)

3. 타 연구개발사업에의 활용

2004년도 수산특정연구개발과제로 동명대학과 국립수산과학원이 수행중인 「자연산과 양식산, 수입산과 국내산 활어의 품질 및 안전성 평가」과제에서 양식산과 자연산, 국내산과 수입산의 활어의 품질판정에 본 연구결과를 활용할 예정이다.

4. 기대효과

본 연구의 수행으로 인하여 국내에서 생산되는 활어 및 수입산 활어의 품질을 평가할 수 있는 방법을 개발하고, 평가기준을 제시함으로서, 국내 활어시장에서 활어의 품질평가에 의한 가격차별화로 양식산 활어의 유통질서의 질서를 확립하고 품질향상을 유도하여 수입활어에 대한 경쟁력을 강화함으로서 양식어민들의 소득증대에 기여함과 동시에 양식업계, 생선회와 관련한 산업 및 우리나라의 식문화 발전에 새로운 전기를 만들 수 있을 것으로 기대된다.

가. 기술적 측면

(1) 활어의 품질평가 방법을 확립한다.

(2) 활어의 품질평가 방법을 도입함으로서 양식 어류의 품질을 증대시킬 수 있는 사육방법을 개발, 제시한다.

(3) 다지방어류와 저지방어류 각각의 품질평가 방법을 확립한다.

(4) 생선회의 국제화를 위한 저변기술을 확보한다.

나. 경제·산업적 측면

(1) 활어의 가격을 중량이 아닌 품질에 기초하여 지불함으로서 국내산 활어 품질의 고급화를 유도한다.

(2) 수입산에 대한 국내산 활어의 품질 경쟁력을 확보함으로서 점차 증대되고 있는 수입산 활어에 대한 국내산 활어의 시장 점유율을 증대시킨다.

(3) 국내산 활어의 품질을 증대시킴으로서 활어 수출을 도모하고 이를 통한 양식어민들의 소득증대에 기여한다.

제 4장 참고문헌

Andersen, U. B., M. S. Thomassen and A. M. B. RØrá. 1997. Texture properties of farmed rainbow trout(*Oncorhynchus mykiss*):Effect of diet, muscle fat content and time of storage on ice. J. Sci. Food Agric., 74, 347-353.

Ando, M., H. Toyohara, Y. Shimizu and M. Sakaguchi. 1991. Post-mortem tenderization of rainbow trout muscle caused by gradual disintegration of the extracellural matrix structure. J. Sci. Food Agric., 55, 589-597.

Ando, M., H. Toyohara, Y. Shimizu and M. Sakaguchi. 1991a. Post-mortem tenderization of fish muscle proceeds independently of resolution of rigor mortis. Nippon Suisan Gakkaishi, 57, 1165-1169.

Ando, M., H. Toyohara, Y. Shimizu and M. Sakaguchi. 1991b. Post-mortem tenderization of rainbow trout muscle caused by gradual disintegration of the extracellural matrix structure. J. Sci. Food Agric., 55, 589-597.

Ando, M., K. Oishi, S. Mochizuki, Y. Tsukamasa and Y. Makinodan. 2002. Effect of inhabited sea area on meat firmness and its post-mortem change in chub mackerel during chilled storage. Fish. Sci., 68, 1337-1343.

AOAC. 1992. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemist, Washington, DC, USA.

Atkinson, D. E., 1968. The energy charge of the adenylate pool as a regulatory parameter. Interaction with feedback modifiers. Biochemistry, 7, 4030-4034.

Bergman I. and R. Loxley. 1963. Two improved and simplified methods for the spectrophotometric determination of hydroxyproline. Analytical. Chem., 35, 1961-1965.

Bligh, E. G. and W. J. Dyer. 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. Can. J. Biochem. Physiol., 37, 911-917.

Dehn, P. F., 1992. Seasonal change in adenylate energy metabolism in the muscle and liver of the redear sunfish, *Lepomis microlophus*. Aquat. Living Resour., 5, 197-204.

Donald, G. B., P. K. Edward, O. Kent and W. William. 1999. American academy of clinical toxicology practice guidelines on the treatment of ethylene glycol poisoning. Clin. Toxicol., 37, 537-560.

Dunn, J. F. and I. A. Johnston, 1986. Metabolic constraints on burst-swimming in the Antarctic teleost *Notothenia neglecta*. Mar. Biol. 91, 433-440.

Durance, V. C., D. J. Restall, H. Beard, F. J. Bourne and A. J. Baily. 1977. The location of three collagen types in skeletal muscle. FEBS Lett., 79, 248-252.

Feinstein G. R. and E. M. Buck. 1984. Relationship of texture to pH and collagen content of yellowtail flounder and cuski. J. of Food Sci., 49, 298-299.

Fiske, C. K. and Y. Subbarow. 1925. The colorimetric determination of phosphorous. J. Biol. Chem., 66, 375-400.

Forster, I. P. and H. Ogata. 1996. Growth and whole-body lipid content of juvenile red seabream reared under different conditions of exercise

training and dietary lipid. Fish. Sci., 62, 404-409.

Franklin, C. E., I. A. Johnston, R. S. Batty and M. C. Yin. 1996. Metabolic recovery in herring larvae following strenuous activity. J. of Fish Biology, 48, 207-210.

Hatae, K., A. Tobimatsu, M. Takeyama and J. J. Matsumoto. 1986. Contribution of the connective tissues on the texture difference of various fish species. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 52, 2001-2007.

Huidobro, A. and A. Pastor. 2001. Washing effect on the quality index method(QIM) developed for raw gilthead seabream (*Sparus aurata*). Eur. Food Res. Technol., 212, 408-412.

Hwang, G. C., H. Ushio, S. Watabe, M. Iwamoto and K. Hashimoto. 1991. The effect of thermal acclimation on rigor mortis progress of carp stored at different temperatures. Nippon Suisan Gakkaishi, 57, 541-548.

Ivanovici, A. M., 1980. The adenylate energy charge in the estuarine mollusk, *Pyrazus ebeninus*. Laboratory studies of reponses to salinity and temperature. Comp. Biochem. Physiol., 66A, 43-55.

Iwamoto, M., H. Yamanaka, S. Watabe and K. Hashimoto. 1987. Effects of storage temperature on rigor-mortis and ATP degradation in plaice *Paralichthys olivaceus* muscle. J. Food Sci., 52, 1514-1517.

Juaneda, P. and G. Rocquelin. 1985. Rapid and convenient preparation of phospholipid and non-phospholipids from ray heart using silica cartridges. Lipids, 20, 40-43.

Kim, D. S., J. H. Kim, C. H. Jeong, S. M. Lee and Y. B. Moon, 1996. Effects of dietary herbs on growth and body composition in Olive flounder, *Paralichthys*

olivaceus. J. of Aquacult., 9, 461-465. (in Korean)

Kim, H. Y., J. W. Shim, H. O. Park, S. H. Choi, Y. M. Jang and S. O. Lee. 2000. Comparison of taste compounds of red seabream, rockfish and flounders differing in the localities and growing conditions. Korean J. Food Sci. Technol., 32, 550-563.

Kunisaki, N., K. Takada and H. Matsuura. 1986. On the study of lipid contents, muscle hardness and fatty acid compositon of wild and cultured horse mackerel. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 52, 333-336.

Lee, K. H. and Y. S. Lee. 2000. The effect of lipid and collagen content, drip volume on the muscle hardness of cultured and wild red seabream (*Pagrosomus auratus*) and flounder (*Paralichthys olivaceus*). Korean J. Soc. Food Sci., 16, 352-357.

Lee, S. M., J. H. Yoo and J. Y. Lee. 1996. The use of soybean meal, corn gluten meal, meat and bone meal or blood meal as a dietary protein source replacing fish meal in Korean rockfish (*Sebastes schlegeli*). Kor. J. Anim. Nutr. Feed., 20, 21-30.

Lee, Y. S. 1998. Studies on the muscle quality of cultured and wild red seabream (*Pagrosomus auratus*) and flounder (*Paralichthys olivaceus*). Ph. D. thesis. Kyung Hee University, Korea. (in Korean)

Livingstone, D. R., 1982. General biochemical indices of sublethal stress. Mar. Pollut. Bull., 13: 261-263.

Maguire, J. A., 1998. Aspects of the biology of cultured scallops (*Pecten Maximus L.*) with particular reference to stress. Ph. D. thesis. University Collage Cork, Ireland.

Mizuta S., R. Yoshinaka, M. Sato and M. Sakaguchi. 1994. Characterization of collagen in the muscle of several crustacean species in association with raw meat texture. Fish. Sci., 60, 323-328.

Moal, J., J. F. Samain, J. R. Lecoz and J. Y. Daniel, 1989. Responses and adaptations of adenylate energy charge and digestive enzyme activities to tidal emersion of *Crassostrea gigas* population in Marennes-Oleron Bay. Marine Biology, 53, 699-704.

Morishita, T., K. Uno, Y. Matsumoto and T. Takahashi. 1988. Comparison of the proximate compositions in cultured red seabream differing the localities and culture methods, and of the wild fish. Bull. Japan Soc. Sci. Fish, 54, 1965-1970.

Nakayama, T., E. Goto and A. Ooi. 1996. Observation of characteristic muscle structure related to delay in red sea-bream rigor mortis by spinal cord destruction. Fish. Sci., 62, 977-984.

Ochiai Y., Y. Kariya, S. Watabe and K. Hashimoto. 1985. Heat-inducted tendering of turban shell(Batillus Cornutus) muscle. J. Food Sci., 50, 981-984.

Okada, T., N. Inoue and M. Akiba, 1986, Electron microscopic observation and biochemical properties of carp myosin B during frozen storage. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., 51, 345-353.

Oku H. and H. Yogata. 2000. Body lipid deposition in juveniles of red seabream *Pagrus major*, Yellowtail *Seriola quinqueradiate* and Japanese flounder *Paralichthys olivaceus*. Fish. Sci., 66, 25-31.

Olaechea R. P., H. Ushio, S. Watabe, K. Takada and K. Hatae. 1993. Toughness and collagen content of abalone muscle. Biosci. Biotech.

Biochem., 57, 6-11

Page, J. W. and J. W. Andrews. 1973. Interactions of dietary levels of protein and energy on channel catfish (*Ictalurus punoctatus*). J. Nutr., 103, 1339-1346.

Perry, S. V. and T. C. Grey. 1956. A study of the effects of substrate concentration and certain relaxing factors on the magnesium-activated myofibrillar adenosine triphosphatase. Biochem. J., 64, 184-192.

Prasad Thakur, D., K. Morioka, Y. Itoh and A. Obatake. 2002. Influence of muscle biochemical constituents on the meat texture of cultured yellowtail (*Seriola quinqueradiata*) at different anatomical locations. J. Sci. Food Agric., 82, 1541-1550.

Prasad Thakur, D., K. Morioka, Y. Itoh and A. Obatake. 2003. Lipid composition and deposition of cultured yellowtail *Seriola quinqueradiata* muscle at different anatomical locations in relation to meat texture. Fish. Sci., 69, 487-494.

Sato K., R. Yoshinaka, M. Sato and S. Ikeda. 1986. A simplified method for determining collagen in fish muscle. Nippon Suisan Gakkaishi, 52, 889-893.

Sato K., R. Yoshinaka, M. Sato and Y. Shimizu. 1986. Collagen content in the muscle of fishes in fishes in association with their swimming movement and meat texture. Nippon Suisan Gakkaishi, 52, 1595-1600.

Sato M., R. Yoshinaka and S. Ikeda. 1978. Dietary ascorbic acid requirement of rainbow trout for growth and collagen formation. Nippon Suisan Gakkaishi, 44, 1029-1035.

Shigemura, Y., M. Ando, Y. Tsukamasa, Y. Makinodan and T. Kawai. 2003.

Correlation of type V collagen content with post-mortem softening of fish meat during chilled storage. Fish. Sci., 69, 842-848.

Skjoldal, H. R. and S. Barkati, 1982. ATP content and adenylate energy charge of the mussel *Mytilus edulis* during the annual reproductive cycle in Lindasponllene. Mar. Biol., 70, 1-6.

Suyama, M., T. Hirano, N. Okada and T. Shibuya, 1977. Quality of wild and cultured Ayu- I , on the proximate composition, free amino acids and related compoundss. Bull. Japan Soc Sci. Fish., 43, 535-540.

Sveinsdottir, K., G. Hylding, E. Martinsdottir, B. J■■rgensen and K. Kristbergsson. 2003. Quality index method (QIM) scheme developed for farmed atlantic salmon (*Salmo salar*). Food Quality and Preference, 14, 237-245.

Tachibana K., T. Doi, M. Tsuchimoto, T. Misima, M. Ogura, K. Matsukiyo and M. Yasuda. 1987. The effect of swimming exercise on flesh texture of cultured red sea-bream. Nippon Suisan Gakkaishi, 54, 677-681.

Thebault, M. T., J. P. Raffin, A. M. Picado, E. Mendonca, E. F. Skorkowski and Y. L. Gal, 2000. Coordinated changes of adenylate energy charge and ATP/ADP : Use in ecotoxicological studies. Ecotoxicology and Envirinmental Safety, 46, 23-28.

Touhata K., H. Toyohara, M. Tanaka, Y. Tokuta, M. Sakaguchi and H. Tanaka. 1998. Seasonal change in muscle firmness and proximate composition of red seabream. Fish. Sci., 64, 513-516.

Touhata, K., M. Tanaka, H. Toyohara, H. Tanaka and M. Sakaguchi. 2000. Seasonal change in collagen content of red seabream muscle. Fish. Sci., 66, 553-557.

Yamaguchi, S. and C. Takahashi, 1984. Hedonic funcions of monosodium glutamate and four basic taste substances used at various concentration levels in single and complex systems. Agical. Biol. Chem., 48, 1077-1081.

Yoshinaka R. 1990. Distribution of collagen in body of several fishes. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 56, 549

Yoshinaka R., K. Sato and Y. Himizu. 1988. Distribution of collagen I body muscle of fishes with different swimming movement. *Comp. Biochem. Physiol.*, 89B, 147-151

이경희・이영순. 1997. 양식 넙치의 육질에 관한 연구. 한국조리과학회지, 13, 448-452.

이경희・이영순. 1999. 양식 및 자연산 도미 어육의 품질 특성에 관한 연구. 한국조리과학회지, 15, 639-644.

이경희・이영순・김종현・김동수. 1998. 한방사료 첨가제인 어보산의 효과 : Ⅱ. 어보산 첨가사료로 사육한 넙치의 육질에 대한 연구. 한국양식학회지, 11, 319-325.

정명생. 2003. 양식활어의 수요분석에 관한 연구. 한국식품유통연구, 20, 89-108.

한국수산회. 2003. 수산연감. 삼신인쇄. 304-305 pp.