

Red muscle과 white muscle의 근원섬유단백질의 열안정성

양 용 · 신완철 · 오두환 · 진홍승 · 김기태
연세대학교 공과대학 식품공학과

Thermostability of Myofibrillar Proteins from Red Muscle and White Muscle

Ryung Yang, Wan-Chul Shin, Doo-Whan Oh, Hong-Seung Jhin and Kee-Tae Kim

Department of Food engineering, College of Engineering, Yonsei University, Seoul

Abstract

Myofibrillar proteins were prepared from red muscle and white muscle, and their thermostabilities were compared. Rate constants of inactivation of myofibrillar proteins were increased as the ionic strength of reaction mixture increased and also dielectric constant of reaction mixture decreased. Thermodynamic data for inactivation of myofibrillar proteins, such as D-value, ΔH^\ddagger , ΔG^\ddagger and ΔS^\ddagger , revealed that thermostabilities of myofibrillar proteins from white muscle were higher than those from red muscle, and that myofibrillar proteins from chicken muscle were more heatlabile than those from bovine muscle.

서 론

근육은 대표적인 동물세포인 근세포의 집합체이고 동물의 특징적 기능인 운동을 담당하고 있는 조직으로서 담당장기에 따라 골격근, 평활근, 심장근으로 나누어지며⁽¹⁾ 이들 근육은 생리기능은 물론 구성단백질의 분포에서도 차이가 있는 것으로 보고되고 있다⁽²⁻¹⁴⁾. 그중 골격근은 근육의 35%~65%를 차지하고 동물의 종류와 부위에 따라 약간씩 차이는 있으나^(1,15,16) 본질적으로는 동일한 형태를 나타내고 있는 것으로 알려지고 있다^(17,18).

그런데, 골격근인 경우에도 red fiber와 white fiber의 함량비에 따라 red muscle과 white muscle로 분류될 수 있으며^(18,20), red muscle과 white muscle은 생화학적 성질에 차이가 있는 것으로 발표되고 있다^(20,21). 또한, 저자들은 전보에서^(22,23) red muscle과 white muscle은 근원섬유의 구성단백질조성 및 생물활성에서 차이를 나타내었음을 밝혔다. 따라서 근원섬유단백질의 열안정성에 있어서도 동물의 종류 및 fiber type에 따라 차이가 있을 것으로 추정되었다.

본 연구는 척추동물인 포유동물과 조류의 근원섬유단백질의 열안정성을 분석, 비교하여 동일한 생리적기능을 가진 근원섬유단백질의 특성에 관한 정보를 얻고자 한 것이다.

실험재료 및 방법

실험재료

한국재래종 bovine의 경우 longissimus dorsi muscle을 white muscle로, sartorius muscle을 red muscle로, chicken의 경우 가슴근육을 white muscle로, 다리근육 중 white fiber의 함량이 많은 gastronemius, semimembranosus 등을 제거한 나머지 부분을 red muscle로 취하여 지방과 결체조직을 제거한 후 사용하였다.

실험방법

가. Actomyosin의 조제

Actomyosin은 Szent-Gyorgyi의 방법⁽²⁴⁾을 약간 수정하여 조제한 전보의 방법⁽²²⁾에 의하였다.

나. Myosin의 조제

Myosin은 Perry⁽²⁵⁾와 Mommaerts의 방법⁽²⁶⁾으로 조제하였다.

다. Heavymyosin의 조제

조제된 myosin을 trypsin으로 한정 가수분해한 후 Lowey와 Cohen의 방법⁽²⁷⁾을 약간 수정하여 조제한 전보의 방법⁽²³⁾에 의하였다.

라. ATPase활성 측정

전보의 방법^(22,23)에 의하였으며, ATPase활성은 1mg의 단백질에 의하여 1분동안에 유리되는 무기인산(Pi)의 μmole 로 표시하였다.

마. 근원섬유단백질의 열안정성 실험.

단백질의 가열처리에는 12.5mM Tris-HCl 완충액 (pH 7.5), 일정이온강도 그리고 1mg/ml 단백질용액의 혼합

액을 항온조상에서 20~60°C 사이의 각 온도에서 가열하여 행하였다. 각 온도에서 일정 시간간격으로 일정액을 취하여 얼음물내에 있는 활성측정 용액에 넣어 가열반응을 정지시킨 후 30°C 항온조에서 기질을 첨가하여 근원섬유단백질의 ATPase의 실험을 측정하였다.

결과 및 고찰

ATPase활성에 미치는 온도의 영향

Myosin은 기질인 ATP와 결합할때 구조변화와 함께 큰 자유에너지의 변화를 초래한다고 알려지고 있으며^(28, 29), 비교적 열에 불안정한 단백질에 속한다고 발표되고 있다⁽³⁰⁾. Yasui등^(31, 32)은 토끼의 myosin을 이온강도 0.5~0.6에서 생리적 pH(약7.0) 및 온도(포유동물의 체온)로 처리하면, myosin은 신속히 변성을 일으켜 비가역적인 ATPase의 불활성화와 분자의 응집반응을 일으킨다고 하였다. 그러므로 myosin의 생물활성과 변성속도에는 여러가지 환경인자가 영향을 미칠 수 있으며, 이러한 환경인자가 myosin의 생물활성이나 변성속도에 미치는 영향도 동물의 종류나 fiber type에 따라 다르게 나타날 수 있을 것으로 예상하였다. 또한 육제품의 탄력성등 주요 물성에는 myosin이 주요 인자로 작용하고 있다고 발표되고 있으므로⁽³³⁻³⁹⁾, 근원섬유단백질의 열안정성을 비교하는 것은 육제품의 품질향상에 도움이 되는 자료가 된다고 생각되었다.

Fig. 1과 Fig. 2는 소의 red muscle과 white muscle의 HMM과 myosin의 ATPase에 의한 무기인산의 생성량을 시간별로 나타낸 것이다.

Red muscle과 white muscle의 myosin은 그 어느 경우에도 약 1분까지의 초기반응에서 생성된 반응생성물로서의 직선적관계를 나타내고 있으며 온도의 상승에 따라 무기인산의 생성속도가 증가함을 나타내고 있다. 그러나 1분 이후 부터 무기인산의 생성속도가 감소하기 시작하여 3분후에는 40°C 이상의 경우 무기인산의 생성속도가 거의 완전히 소실되는 현상을 나타내고 있다.

Red muscle과 white muscle은 반응온도 및 반응시간에 대한 무기인산의 생성속도가 매우 유사하게 나타나, fiber type에 따른 차이를 보이지 않고 있다. 그러나, red muscle의 HMM과 myosin간에는 30°C와 50°C에서 상당한 차이가 있음을 알 수 있었다. 또한 HMM은 myosin에 비해 상당히 온도에 민감하게 반응을 나타내고 있어 반응의 활성화에너지가 낮을 것으로 예상되었으며, 이러한 차이는 LMM의 제거에 기인한 것으로 추정하였다.

Fig. 3과 4는 닭의 myosin과 HMM의 ATPase활성에 대한 온도의 영향을 나타낸 것이다.

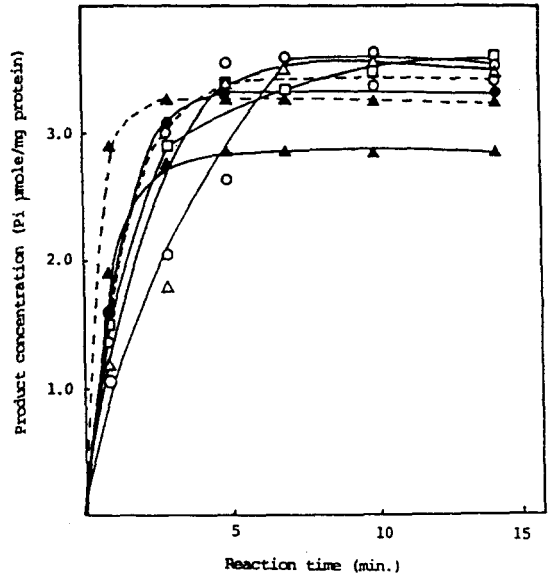


Fig. 1. Production of inorganic phosphate by myosin and HMM ATPase from bovine red muscle as a function of time after addition of 1mM ATP.

Enz. assay: 25mM Tris-HCl buffer (pH 8.0), 0.5M KCl 1mM EDTA, 1mM ATP, 0.25mg/ml protein
 Reaction temp.: 30°C(O), 35°C(Δ), 40°C(□), 45°C(●) 50°C(▲)
 ————— : myosin, - - - - : HMM

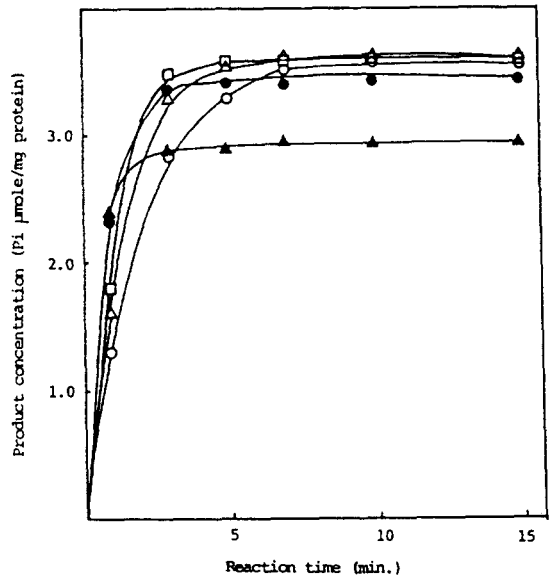


Fig. 2. Production of inorganic phosphate by myosin and HMM ATPase from bovine white muscle as a function of time after addition of 1mM ATP

Enz. assay: 25mM Tris-HCl buffer(pH 8.0), 0.5M KCl 12mM EDTA, 1mM ATP, 0.25mg/ml myosin
 Reaction temp.: 30°C(O), 35°C(Δ), 40°C(□), 45°C(●) 50°C(▲)

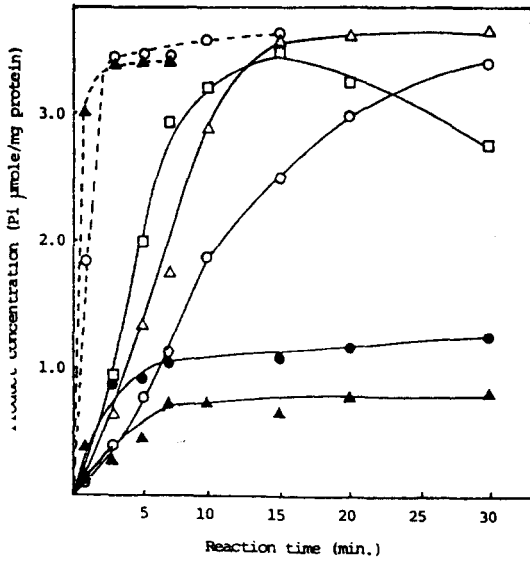


Fig. 3. Production of inorganic phosphate by hydrolysis of ATP by myosin and HMM from chicken red muscle as a function of time after addition of 1mM ATP

Enz. assay: 25mM Tris-HCl buffer(pH 8.0), 0.5M KCl 1mM EDTA, 1mM ATP, 0.25mg/ml protein
Reaction temp.: 30°C(O), 35°C(Δ), 40°C(□), 45°C(●) 50°C(▲)

———— : myosin , - - - - : HMM

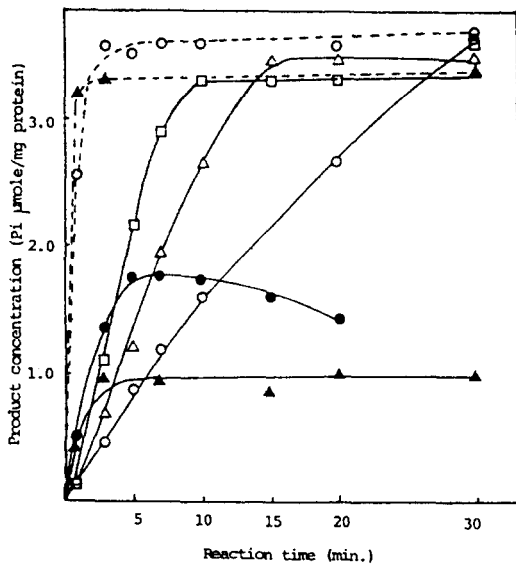


Fig. 4. Production of inorganic phosphate by hydrolysis of ATP by myosin and HMM from chicken white muscle as a function of time after addition of 1mM ATP

Enz. assay: 25mM Tris-HCl buffer(pH 8.0), 0.5M KCl 1mM EDTA, 1mM ATP, 0.25mg/ml protein
Reaction temp.: 30°C(O), 35°C(Δ), 40°C(□), 45°C(●) 50°C(▲)

———— : myosin , - - - - : HMM

Red muscle myosin과 white muscle myosin사이에서는 유사한 경향을 보이고 있으나(Fig. 3과 4), 소의 myosin과 비교한 경우에는 (Fig. 1과 3), 뚜렷한 열안정성의 차이를 보이고 있다. 즉, 소의 myosin이 50°C에서 5분간의 반응에서 상당수준의 ATPase 활성을 유지하고 있는데 비하여, 닭의 myosin은 거의 불활성화되어 버리고 있다.

Yasui등⁽³²⁾은 토끼의 myosin이 이온강도 0.5 및 생리적 pH에서 포유동물의 체온(30°C 이상) 수준에서 신속히 불활성화 된다고 하였다. 소의 red와 white muscle myosin의 경우에는 40°C 이상의 온도에서 myosin ATPase는 변성을 일으키기 쉬우며, 닭의 myosin의 경우 더 빠른 속도로 변성을 일으키고 있는 결과는 열안정성에 있어서의 동물의 종특성이 존재함을 시사하는 것이었다.

이상의 결과들로 부터 근수축성단백질들이 비교적 열에 불안정한 단백질에 속하며⁽³⁰⁾, 체온수준의 온도에서 변성을 일으키기 쉬운 사실이⁽³²⁾ 확인되었으나, 포유동물과 조류사이에 열안정성에서 종특성이 존재한다고 추정되었고, 생물활성에 차이를 보였던 red muscle과 white muscle 사이에서는 반응의 온도의존성에 있어서 유사하다는 사실이 명료해졌다.

근원섬유단백질의 열안정성에 대한 이온강도의 영향

Ishioroshi 등⁽⁴⁰⁾은 가열에 의한 근섬유의 gel 형성능을 비교한 실험에서 myosin이 선택적으로 제거된 myofibril들의 보수성(water holding capacity)은 현저히 감소되었으므로 근섬유단백질의 gel 형성능은 주로 myosin에 기인된다고 하였고, Huxely⁽⁴¹⁾와 Kaminor 등⁽⁴²⁾은 myosin은 저이온강도에서 미세한 그물모양의 구조체를 형성하나, 0.5 이상의 이온강도에서는 monomer 상태로 존재한다고 하였다⁽⁴³⁾. 이상은 용액의 이온강도에 대한 myosin의 거동을 나타낸 것이나, myosin ATPase 활성의 변성속도와 이온강도의 관계에 대하여는 Yasui⁽³¹⁾와 Yasui 등⁽³²⁾의 보고가 있다. 그들에 의하면, 온도와 pH를 고정하여 이온강도를 변화시키면서 myosin ATPase 활성을 추적한 경우, 이온강도 0.1을 경계선으로 하여 그 양쪽방향으로 myosin ATPase의 불활성화는 촉진되었다고 하였다.

Myosin과 actin의 복합체인 actomyosin의 경우에도 염용액에 대한 용해성에서 동물의 종류에 따른 차이가 보고되고 있다⁽¹⁷⁾. 따라서 근원섬유단백질의 열안정성은 용액의 이온강도에 따라 차이를 보일 것으로 예상되었으며, 그 차이에는 동물의 종류나 fiber type에 따라 특징이 나타날 수 있을 것으로 기대하였다.

Table. 1은 닭과 소의 red muscle과 white muscle의

Table 1. Rate constants of inactivation of actomyosin, myosin and HMM ATPase from chicken and bovine muscle as a function of ionic strength

Myofibrillar protein	red		white	
	0.1	0.5	0.1	0.5
Chicken actomyosin	—	48.0×10^{-3}	17.0×10^{-3}	17.0×10^{-3}
myosin	36.0×10^{-3}	53.0×10^{-3}	15.8×10^{-3}	15.8×10^{-3}
HMM	39.7×10^{-3}	69.0×10^{-3}	15.8×10^{-3}	27.4×10^{-3}
Bovine actomyosin	—	5.8×10^{-3}	—	2.9×10^{-3}

Rates were measured at 40°C (myosin, HMM) and 45°C (actomyosin)

근원섬유단백질의 변성속도를 나타낸 것으로, 변성속도는 이온강도, fiber type 그리고 동물의 종류에 따라 차이를 보여주고 있다.

White muscle 은 저이온강도와 고이온강도 어느 쪽에서도 red muscle 보다 낮은 변성속도를 나타내었으며, 근원섬유단백질들의 이온강도에 대한 거동에서는 fiber type 에 관계없이 이온강도 0.5에서 HMM > myosin > AM 의 순으로 변성속도를 나타내고 있으나, 이온강도 0.1에서는 myosin 과 HMM 의 변성속도간에는 거의 차이를 나타내지 않고 있다.

한편, 동물의 종류에 따라서도 차이를 나타내어 이온강도 0.5에서 닭의 red muscle 과 white muscle actomyosin 은 소의 red muscle 과 white muscle actomyosin 보다 높은 변성속도를 나타내고 있다. 그러나 소나 닭 그 어느쪽도 이온강도 0.1에서 변성속도가 낮은 점은 Yasui 등⁽³²⁾의 결과와 잘 일치하고 있다.

이상의 결과들로부터 근수축성단백질의 변성기작에는 이온강도의 영향이 크게 나타난다는 사실과 동물의 종류에 따른 종특성이 존재한다는 것을 확인하였다.

근원섬유단백질의 열안정성에 대한 pH 의 영향

Myosin ATPase 의 변성은 pH 의 의존성이 큰 것으로 발표되고 있다.⁽³²⁾

Yasui 등⁽³²⁾은 토끼의 myosin 의 열변성과 pH 와의 상관성을 조사하고 pH 7.5~8.5에서는 pH 에 의존하지 않고 온도에만 의존하는 변성을 나타내나, pH 5.2~6.0에서는 $[H^+]^{1.3}$ 에 비례한 변성을 나타내며, pH 10~10.5에서는 온도에 의존하지 않고 pH 에 의한 변성만이 일어난다고 하였다.

Fig. 5 는 소의 근원섬유단백질을 각각의 pH 에서 10분간 가온한 다음 pH 를 8.0으로 조정하여 근원섬유단백질의 ATPase 의 잔존활성을 나타낸 것이다.

Myosin 과 HMM 의 경우에는 pH 7.5~9.0에서 비교적 높은 잔존활성을 나타내고 있으며, actomyosin 의 경

우에는 pH 6.5~8.0에서 안정성을 나타내며, red muscle 과 white muscle 의 차이를 거의 보이지 않고 있다.

그러나, 닭의 근원섬유단백질의 경우에는(Fig. 6) red muscle 과 white muscle 의 차이를 명료하게 나타내고 있다. 즉, white muscle actomyosin 은 red muscle actomyosin 보다 alkali 쪽에서 안정한 것으로 나타나고 있으며, white muscle myosin 이 pH 6.5~9.0에서 안정한 한

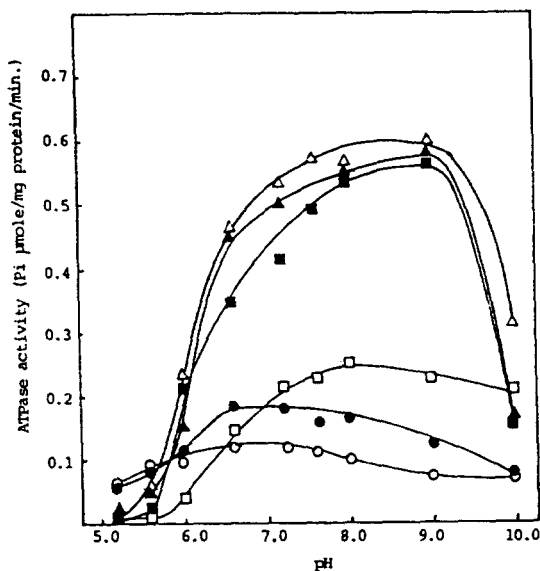


Fig. 5. Effect of pH on thermostability of actomyosin (O), myosin (Δ) and HMM (□)-ATPase activity from Bovine muscle

Heating cond.: AM(45°C), myosin, HMM(35°C), 0.5 M KCl 10min., 1mg/ml protein(white HMM: 0.5 mg/ml)
 pH 5.0-7.0: 12.5 mM Tris-Maleate buffer
 pH 7.0-9.0: 12.5 mM Tris-HCl buffer
 pH 9.0-10.0: 12.5 mM Carbonate-bicarbonate buffer
 Enz. assay: 25 mM Tris-HCl (pH 8.0), 0.5M KCl, 1mM EDTA, 1mM ATP, 0.25mg/ml protein
 (●,▲,■): red muscle, (○,△,□): white muscle

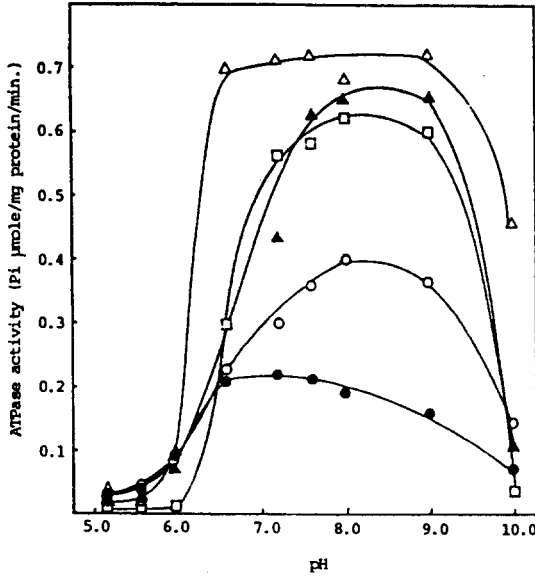


Fig. 6. Effect of pH on thermostability of actomyosin (O), myosin(Δ) and HMM (□)-ATPase activity from chicken muscle

Heating cond.: AM, HMM (45°C), myosin, 0.5M KCl 10min., 1mg/ml protein
 pH 5.0-7.0: 12.5 mM Tris-Maleate buffer
 pH 7.0-9.0: 12.5 mM Tris-HCl buffer
 pH 9.0-10.0: 12.5 mM Carbonate-bicarbonate buffer
 Enz. assay: 25 mM Tris-HCl buffer(pH 8.0), 0.5M KCl 1mM EDTA, 1mM ATP, 0.25mg/ml protein
 (●,▲): red muscle, (○,△,□): white muscle

면, red muscle myosin은 pH 7.5~9.0에서 안정하여 안정 pH 폭이 좁게 나타나고 있다. 닭의 actomyosin의 경우에는, white muscle actomyosin이 red muscle actomyosin보다 알칼리쪽에서 안정하다고 한 Guth 등의 결과⁽⁴⁴⁾와 일치하고 있으나 소의 actomyosin과는 일치하고 있지 않으며, 따라서 근수축성단백질의 열변성에 대한 pH의 영향에서도 동물의 종류에 따른 차이가 있다고 추정되었다.

근원섬유단백질의 열안정성에 대한 온도의 영향

Fukazawa 등⁽⁴⁵⁾은 myosin 이 육류와 육제품의 보수성 (water holding capacity) 뿐만 아니라 결합성 (binding ability)에 필수적이라고 하였으며, Samejima 등⁽⁴⁶⁾은 myosin 만이 가열에 의한 근원섬유의 gel 형성능의 주체라고 보고하였고, Nakayama 와 Sato 등^(47,48)은 actin 과 조절단백질들이 NaCl 존재하에 myosin 의 gel 형성능력에 큰 영향을 미친다고 하였다. 따라서 myosin 을 분리하여 결합제 (cat binder)로서 이용하려는 연구가 진행되고 있다⁽⁴⁹⁻⁵¹⁾.

또한, 효소화학적 내지는 단백질화학적 측면에서 myosin 의 변성과정중에서 일어날 수 있는 myosin subunit 의 변화에 대하여서도 연구가 진행되고 있다^(47,48)

본 연구에서는 근원섬유단백질의 변성속도와 온도와 의 관계에서도 fiber type 에 따른 차이와 동물의 종특성이 나타날 것으로 예상하고, 각각의 동물근육에서 조제한 근원섬유단백질들을 여러 온도조건에서 처리하여 변성의 열역학량을 비교 검토하였다.

Fig. 7은 소의 red 및 white muscle 의 myosin 의 변성속도를 각 온도별로 나타낸 것이다.

소의 red muscle 과 white muscle myosin 의 열변성은 1차반응속도로 나타나고 있어, 이미 보고된 사실들과^(52,53) 잘 일치하고 있으며, 변성속도는 온도가 증가함에 따라 급격히 증가하였다.

Red muscle myosin 과 white muscle myosin 은 둘다 35°C 이하의 온도에서는 상당히 낮은 변성속도를 나타내나, 40°C 이상의 온도에서 급격한 변성을 일으키고 있다. 특히 red muscle 과 white muscle myosin 의 변성속도는 40°C 와 45°C 에서 각각 11.2×10^{-2} , 30.0×10^{-2} 그리고 5.8×10^{-2} , 12.6×10^{-2} 로 큰 차이를 보이고 있으며, red muscle 의 myosin 이 white muscle 의 myosin 보다 불안정한 것으로 나타나고 있다.

Table 2는 소의 근원섬유단백질들의 변성속도의 온도의존성에 해당하는 열역학량을 나타낸 것이다.

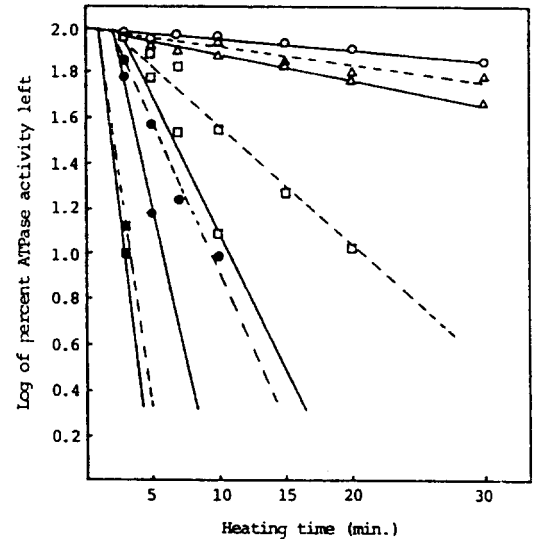


Fig. 7. Rate of inactivation of myosin ATPase from bovine red and white muscle as a function of time during heating at various temperature

(O) : 30°C, (Δ) : 35°C, (□) : 40°C, (●) : 45°C (■) : 50°C

————— : red muscle, - - - - : white muscle

Table 2. D,Z-value and thermodynamic data for inactivation of myofibrillar protein ATPase from bovine red and white muscle.

		D (min)					Z (°C)	ΔH^\ddagger (cal/mol)	ΔG^\ddagger (cal/mol)	ΔS^\ddagger (cal/mol°K)	Bonds broken No*
		30	35	40	45	50(°C)					
myosin	red	501	211	21	8	5	9.23	48,054	22,010	85.2	10
	white	—	284	40	18	5	9.04	49,662	22,568	89.1	10
AM	red	—	—	—	121	34	9.09	50,665	23,762	84.6	10
	white	—	—	—	334	47	5.88	78,552	24,397	170.3	16

* No of non-covalent bonds broken on denaturation = $\Delta H^\ddagger/5,000$ cal where the average ΔH^\ddagger per bond is assumed to be 5,000 cal/mole.

Actomyosin 에 있어서도 myosin 과 같이 white muscle 이 red muscle 보다 높은 열안정성을 보이고 있으며 또한 fiber type 에 관계없이 actomyosin 이 myosin 보다 높은 열안정성을 나타내고 있다.

Fig. 8은 닭의 red muscle 과 white muscle 의 myosin 의 변성속도를 각 온도별로 나타낸 것이다.

닭의 myosin 의 열변성은 소의 myosin 의 경우와 마찬가지로 1차반응속도로 나타나고 있으며, red muscle myosin 이 white muscle myosin 보다 각 온도에서 높은 변성속도를 나타내고 있다. 즉, red muscle myosin 및 white muscle myosin 의 변성속도는 45°C 에서 각각 8.64×10^{-2} , 5.46×10^{-2} 으로 차이를 보이고 있다.

Table 3은 닭의 근원섬유단백질들의 변성속도의 온도의존성에 해당하는 열역학량을 나타낸 것이다.

Table 3에 나타낸 바와 같이, 닭의 근육의 경우에도 열안정성의 크기에 차이는 있으나 소의 근육의 경우와 마찬가지로 white muscle 이 red muscle 보다 열안정성이 높게 나타나고 있다. 또한 Table 2와 3의 결과들은 myosin 보다 actomyosin 의 열안정성이 높다는 사실을 명확히 하고 있는데, 이러한 결과들은 F-actin이 myosin

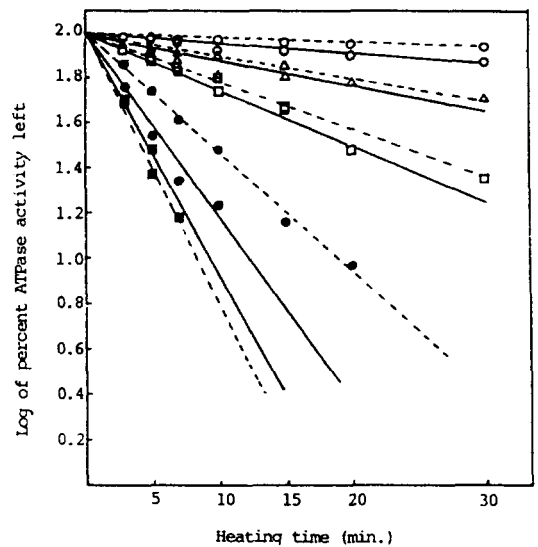


Fig. 8. Rate of inactivation of myosin ATPase from chicken red and white muscle as a function of time during heating at various temperature.

(O) : 30°C, (Δ) : 35°C, (□) : 40°C, (●) : 45°C (■) : 50°C

———— : red muscle, - - - - : white muscle

Table 3. D,Z-value and thermodynamic data for inactivation of myofibrillar protein ATPase from chicken red and white muscle.

		D (min)					Z (°C)	ΔH^\ddagger (cal/mol)	ΔG^\ddagger (cal/mol)	ΔS^\ddagger (cal/mol°K)	Bonds broken No*	
		30	35	37	40	45						50(°C)
myosin	red	523	240	—	90	27	18	12.82	34,304	23,135	36.2	7
	white	—	1,152	—	242	42	17	7.96	39,295	23,077	51.0	8
AM	red	—	—	284	115	35	14	10.12	44,936	22,962	69.1	9
	white	—	—	1,355	303	48	14	6.62	68,968	23,177	144.0	14

* No of non-covalent bonds broken on denaturation = $\Delta H^\ddagger/5,000$ cal where the average ΔH^\ddagger per bond is assumed to be 5,000 cal/mole.

의 열안정성을 높인다는 이제까지의 보고^(31,54)들과도 일치하고 있다. 특히, Yasui 등⁽⁵⁵⁾은 myosin은 actomyosin의 형태로 되었을 때 열안정성이 증가하나, thick filament의 구성성분으로 근원섬유중에 배열하고 있을 경우에는 그 변성속도는 시험관내의 변성속도에 대하여 수백분의 일로 감소된다고 발표하고 있다.

이상의 결과들로부터 근수축성단백질은 열에 불안정한 단백질로서 열안정성의 크기는 fiber type 및 동물의 종류에 따라 차이가 있다는 것이 확인되었으며 actomyosin이 myosin이나 HMM보다 열에 안정한 단백질이라는 사실이 명료해졌다.

근원섬유단백질의 열안정성에 대한 유기용매의 영향

Ono 등⁽⁵⁵⁾과 Hosoya⁽⁵⁶⁾는 각각 α -amylase와 peroxidase의 반응기작에 관한 연구에서 반응의 평형상수 K와 속도정수 k가 용액의 유전상수 D와 역비례 관계를 가지고 있다고 하였으며, 평형상수나 속도정수의 용액의 유전상수에 대한 의존성은 효소단백질의 표면의 전하분포의 변화와 상관되는 것으로 효소의 물리적 특성과 관련지을 수 있다고 하였다.

본 연구에서도 반응용액의 이온강도가 근원섬유단백질의 변성속도에 큰 영향을 미치는 사실을 밝혔다. (Table 1) 그런데, Table 1의 결과는 용액의 유전상수를 정상치(생리적 이온강도 수준)에서 높인 경우(이온강도 0.1 → 0.5에로의 변화)이나, 역으로 낮춘 경우에도 근원섬유단백질의 변성속도에는 fiber type이나 동물종에 따라 차이가 나타날 것으로 예상하였다.

Table 4는 소의 근육과 닭의 근육으로부터 조제된 근원섬유단백질의 3% ethanol 첨가시의 변성속도를 비교한 것이다.

Table 4에 나타낸 바와 같이, 근원섬유단백질의 변성속도는 용액의 유전상수가 낮을 때에 더욱 빠른 것으로 나타나고 있다. 즉 ethanol 첨가시의 변성속도는 무

첨가시의 변성속도보다 약 2~3배로 가속화되고 있다.

이상의 결과로부터 근원섬유단백질의 유전상수에 대한 감도(dielectric constant sensitivity)는 fiber type 및 동물의 종류에 따라 큰 차이를 보이며, 이것은 동물 종 및 fiber type에 따라 단백질의 표면전하의 분포상태와 수화상태 및 분자의 형태(molecular integrity)에 차이가 있음을 나타낸 것으로 해석하였다.

요 약

근원섬유단백질의 열안정성에 대한 pH의 영향에 있어서 소의 근육의 경우에 fiber type에 따라 차이를 보이지 않으나, 닭의 근육의 경우에는 fiber type에 따라 안정 pH 범위에 차이를 나타내었다.

한편, 이온강도 및 유기용매의 농도변화에 따른 영향에 있어서는 이온강도가 증가함에 따라 그리고 유기용매의 농도가 증가함에 따라 변성속도가 증가하였으며, 또한 actomyosin의 열안정성이 myosin과 HMM의 열안정성보다 높은 것으로 나타났다.

열안정성에 대한 열역학량(D value, Z value, ΔH^\ddagger , ΔS^\ddagger , ΔG^\ddagger)은 red muscle과 white muscle 사이에 명백한 차이를 보였으며 white muscle이 red muscle보다 높은 열안정성을 나타내었으며, 동물의 종류에 따라서도 현저한 차이를 보였다.

사 의

본 연구는 근섬유의 특성에 관한 비교생화학적 연구의 제 3 보로 1983년도 후반기 한국과학재단연구비로 수행된 것이다. 저자들은 연구비를 지원하여 준 한국과학재단에 심심한 사의를 표하는 바이다.

문 헌

1. Forrest, J.C., Aberle, E.D., Hedrick, H.B., Judge, M.D. and Merkel, R.A.: "Principles of Meat Science" p27-82, Freeman, San Francisco, California (1975)
2. Morimoto, K. and Harrington, W.F.: *J. Mol. Biol.*, **77**, 165(1973)
3. Morimoto, K. and Harrington, W.F.: *J. Mol. Biol.*, **88**, 693(1974)
4. Ebashi, S. and Ebashi, F.: *J. Biochem.*, **58**, 7(1965)
5. Ebashi, S., Kodama, A. and Ebashi, F.: *J. Biochem.*, **64**, 465 (1968)
6. Bailey, K.: *Biochem. J.*, **43**, 27(1948)
7. Head, J.F., Week, R.A. and Perry, S.V.: *Biochem.*

Table 4. Rate constant of inactivation of actomyosin and myosin ATPase from chicken and bovine muscle in ethanol solution

		ethanol (%)		
		0	3	
Chicken	AM (45°C)	red	66 × 10 ⁻³	119 × 10 ⁻³
		white	48 × 10 ⁻³	72 × 10 ⁻³
	myosin (40°C)	red	26 × 10 ⁻³	117 × 10 ⁻³
		white	23 × 10 ⁻³	51 × 10 ⁻³
Bovine	AM (45°C)	red	19 × 10 ⁻³	77 × 10 ⁻³
		white	7 × 10 ⁻³	47 × 10 ⁻³

- J., 161, 465(1977)
8. Kuroda, M. and Maruyama, K.: *J. Biochem. (Tokyo)*, **80**, 315(1976)
 9. Porzio, M.A. and Pearson, A.M.: *Biochim. Biophys. Acta.*, **490**, 27(1977)
 10. Porzio, M.A., Pearson, A.M. and Conforth, D.P.: *Meat Sci.*, **3**, 31(1979)
 11. Potter, J.D. and Gergely, J.: *J. Biol. Chem.*, **250**, 4628 (1975)
 12. Baguet, F. and Gillis, J.M.: *J. Physiol.*, **198**, 127(1968)
 13. Kendrick-Jones, J., Szentkiralyi, E.M. and Szent-Gyorgyi, A.G.: *J. Mol. Biol.*, **104**, 747(1976)
 14. Bagshaw, C.K. and Kendrick-Jones, J.: *J. Mol. Biol.*, **130**, 317(1979)
 15. Huxely, H.E. and Hansen, J.: *Nature(London)*, **173**, 973(1954)
 16. Asghar, A. and Pearson, A.M.: "Advances in Food Research" Vol. 26, p54 (1980)
 17. Yang, R., Oh, D.W., Shin, W.C. and Lee, Y.K.: *Yonsei Engineering Report*, **14**, 99 (1982)
 18. Yang, R.: *J. Engin. Res. Ins.*, Vol. 17, No.1, 147(1985)
 19. Beecher, G.R., Cassens, R.G., Hoe, W.G. and Briskey, E.J.: *J. Food Sci.*, **30**, 969(1965)
 20. Owen, J. A. and Lawrie, R.A.: *J. Food Tech.*, **10**, 169(1975)
 21. Reis, D.J., Moorhead, D. and Wooten, G.F.: *Amer. J. Physiol.*, **217**, 541(1969)
 22. 양용, 신완철, 진홍승, 오두환, 김기태 : 한국식품과학회지, **18**, 173(1986)
 23. 신완철, 오두환, 진홍승, 김기태, 양용 : 한국식품과학회지, **18**, 180(1986)
 24. Szent-Gyorgyi, A.: "The Chemistry of Muscular Contraction" 2nd rev. ed., Academic Press, New York (1951)
 25. Perry, S.V.: *Biochim. Biophys. Acta.*, **8**, 499(1952)
 26. Mommaerts, W.F.H.M. and Perrish, F.: *J. Biol. Chem.*, **188**, 545(1951)
 27. Lowey, S. and Cohen, C.: *J. Mol. Biol.*, **4**, 293(1962)
 28. Steine, E.A., Schwarz, R.R.: *Chock, P.B.* and Eisenberg, E: *Biochemistry.*, **18**, 3895(1979)
 29. Goody, R.S., Hofmann, W. and Mannherz, H.G.: *Eur. J. Biochem.*, **78**, 337(1977)
 30. Jacobson, A.L. and Henderson, J.: *Can. J. Biochem.*, **51**, 71(1973)
 31. Yasui, T.: *New Food Industry*, **13**, 36(1971)
 32. Yasui, T., Ishioroshi, M. and Samejima, K.: *Kagaku to Seibuts.*, Vol. 19, No.5, 337 (1981)
 33. Taylor, J.F., Green, A.A. and Cori, C.F.: *J. Biol. Chem.*, **173**, 591(1948)
 34. Pesce, A., Mckey, R.H., Stoizenbach, F., Cahn, K.D. and Kaloan, N.O.: *J. Biol. Chem.*, **239**, 1753 (1964)
 35. Maehlv, A.C.: *Method Enzymol.*, **5**, 805(1955)
 36. Good, C.A., Kramer, H. and Somogyi, M.: *J. Biol. Chem.*, **100**, 485(1967)
 37. Veis, J.: *Biochem. J.*, **57**, 410(1954)
 38. Morris, D.I.: *Science.*, **107**, 254(1948)
 39. Kerly, M. and Ottaway, J.H.: *J. Physiol.*, **123**, 534 (1954)
 40. Ishioroshi, M., Samejima, K. and Yasui, T.: *J. Food Sci.*, **44**, 1280(1979)
 41. Huxely, H.E.: *J. Mol. Biol.*, **7**, 281(1963)
 42. Kaminor, B: *J. Mol. Biol.*, **20**, 391(1966)
 43. Oriol-Adult, C., Lake, J.A. and Reisker, E.: *Biochemistry.*, **20**, 679(1981)
 44. Guth, L. and Samaha, F.J.: *Exp. Neurol.*, **25**, 138(1969)
 45. Fukazawa, T., Hashimoto, Y. and Yasui, Y.: *J. Food Sci.*, **26**, 541(1961)
 46. Samejima, K., Hashimoto, Y., Yasui, T. and Fukazawa, T.: *J. Food Sci.*, **34**, 242(1969)
 47. Nakayama, T. and Sato, Y.: *Agric. Biol. Chem.*, **35**, 208(1971)
 48. Nakayama, T. and Sato, Y.: *J. Texture Studies*, **2**, 75(1971)
 49. Kawakami, H., Morita, T., Takahashi, K., and Tasui, T.: *J. Biochem.*, **70**, 635(1971)
 50. Samejima, K., Morita, T., Takahashi, K., and Yasui, T.: *J. Biochem.*, **71**, 661(1972)
 51. Yasui, T., Shioroshi, M. and Samejima, K.: *J. Food Sci.*, **44**, 1201(1979)
 52. Fujii, K. and Maruyama, K.: *Biochem. Biophys. Res. Commun.*, **104**, 633(1982)
 53. O'shea, J.M.: *Biochem. J.*, **195**, 345(1981)
 54. Yasui, T., Kawakami, H. and Morita, T.: *Agric. Biol. Chem.*, **32**, 225 (1968)
 55. Ono, S., Hiromi, K. and Sano, Y.: *Bull. Chem. Soc. Japan.*, **36**, 431(1963)
 56. Hosoya, T.: *J. Biochem.*, **48**, 803(1960)

(1986년 3월 14일 접수)