

肉の弾力性及び水和度と鮮度の関係について

足 立 晃 太 郎*
 下 村 佐 和 子**
 亀 井 光 子***

I. 緒 論

従来、食品の鮮度鑑定法として物理化学的方法、細菌学的方法等用いられていることは周知の通りである。しかし物理的方法に就いての研究は多くをみない。田内は弾性の面から魚肉の鮮度に関する報告をなしているが未だ実用化されるに至っていない。筆者等は「ふな」、鶏肉、牛肉等を用いて死後直ちに一定温度内に保存した場合の経過日数による肉の弾性の変化を測定し、鮮度判定に利用出来る可能性があるか否かについて考察した。又肉の保水性が肉の結着性や食味に関係するだけでなく、肉蛋白質の水和と大いに関係があるらしいこと、及び肉の熟成中に生じる肉蛋白質の反応性の変化に関係があるらしいこと等について論じられている。筆者等は、弾性と同様、種々の肉を用いて死後直ちに一定温度に保存した時の水和度の変化を測定し、水和度の変化と弾性の変化との関係も合わせて考察し食品鮮度の検定方法として参考となり得る事を明らかにした。

II. 実 験 の 部

下記の試料について (1)水和度の測定 (2)弾力性の測定をした。

試料：ふな、(身、骨除去)

鶏肉(手羽肉、脂肪除去)

牛肉(赤肉、脂肪除去) いづれも新鮮物使用

(1) 水和度の測定

a) 実験方法

「ふな」、鶏肉等死後直ちに10°Cに保存し、24時間毎に水和度の変化を測定した。水和度測定方法としては、E.Wierbicki³⁾等の方法を参考とした。即ち試料10g(2回、孔の口径5mmの挽肉器を通したもの)を遠沈管にとり、ゴム栓をして沸騰湯浴(99°C)中で30分間加熱し、後水で冷却する。冷却後これを遠心分離(4,000回転/分)を行つて後、加熱による熱変性の為遊離した水分(液汁)をNo2のグラスフィルターで濾過し、得られた濾液を重量既知の受器に集めて秤量

* 本学教授

** 本学助手

*** 本学研究生

し、その量をF%とする(脂肪の部分は除去する)。肉の全水分をW%(常法により測定する)とし、

$$\frac{W-F}{W} \times 100 \text{を以て水和度とした。}$$

b) 実験結果及び考察

「ふな」を死後、直ちに3°Cに保存し、24時間毎に一週間水和度を測定した結果は第1表に示す通りである。次に前記と同様「ふな」、鶏肉、牛肉を死後直ちに10°Cに保存し、水和度を測定した。その結果は各々第2・3・4表に示した。各々水和度の時間的変化を図示すれば第1・2・3・4図のようになる。

第1表 3°C に於ける水和度の変化(ふな)

日数	試料採取量(g)	全水分 W(%)	加熱後遊離した水分 F(%)	W-F(%)	水和度 $\frac{W-F}{W} \times 100$ (%)
0	10	83.11	23.40	59.71	70.64
1	10	83.11	7.93	75.18	90.45
2	10	83.11	11.15	71.96	86.84
3	10	83.11	18.53	64.58	77.70
4	10	83.11	20.91	62.20	74.85
5	10	83.11	27.29	55.82	37.16
6	10	83.11	17.94	65.17	78.29

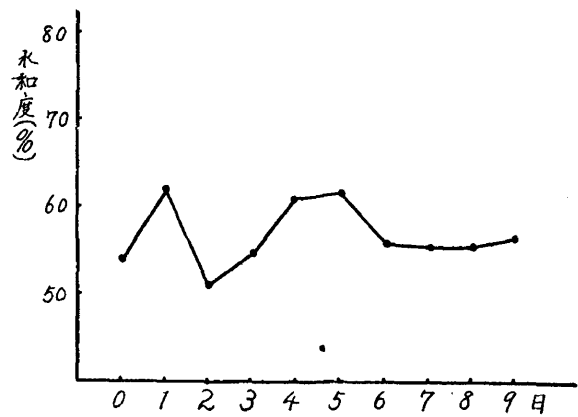
第2表 10°C に於ける水和度の変化(ふな)

日数	試料採取量(g)	全水分 W(%)	加熱後遊離した水分 F(%)	W-F(%)	水和度 $\frac{W-F}{W} \times 100$ (%)
0	10	83.5	38.17	45.33	54.29
1	10	83.5	31.56	51.94	62.20
2	10	83.5	40.89	42.61	51.03
3	10	83.5	37.71	45.79	54.84
4	10	83.5	32.42	51.08	61.17
5	10	83.5	31.87	51.63	61.83
6	10	83.8	37.50	46.00	55.09
7	10	83.5	37.51	45.99	55.08
8	10	83.5	37.52	45.98	55.06
9	10	83.5	36.42	47.08	56.38

第3表 鶏肉の水和度変化 (10°C)

日数	試料採取量 (g)	全水分 W (%)	加熱後遊離した水 F (%)	W - F	水 和 度 $\frac{W-F}{W} \times 100$ (%)
0	10	80.6	35.89	44.71	55.47
1	10	80.6	32.67	47.93	59.47
2	10	80.6	39.71	40.89	50.73
3	10	80.6	39.43	41.17	51.07
4	10	80.6	32.95	47.65	59.12
5	10	80.6	36.23	44.37	55.04
6	10	80.6	31.66	48.94	60.71
7	10	80.3	23.09	57.51	71.35
8	10	80.6	18.93	61.67	73.51

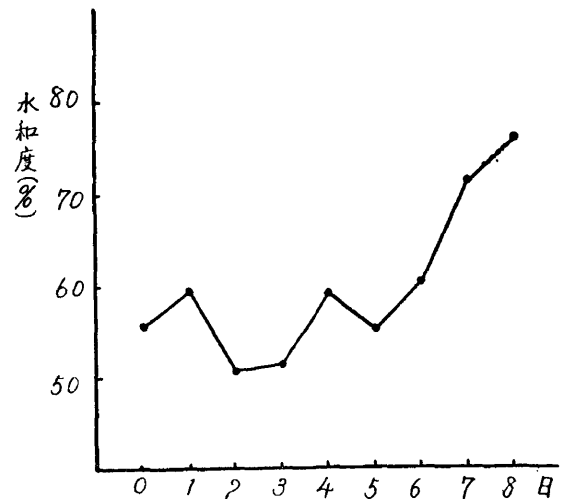
第2図 10°Cに於ける「ふな」の水和度変化



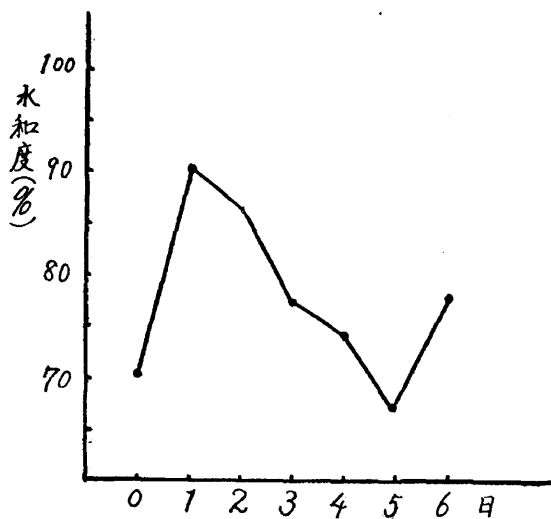
第4表 牛肉の水和度変化 (10°C)

日数	試料採取量 (g)	全水分 W (%)	加熱後遊離した水 F (%)	W - F	水 和 度 $\frac{W-F}{W} \times 100$ (%)
0	10	70.4	40.73	29.73	42.20
1	10	70.4	39.25	31.15	44.24
2	10	70.4	33.14	37.24	52.89
3	10	70.4	26.86	43.54	61.84
4	10	70.4	36.58	33.92	48.18
5	10	70.4	36.39	34.01	48.31
6	10	70.4	34.86	35.54	50.36
7	10	70.4	40.54	29.86	42.40
8	10	70.4	40.05	29.90	43.0
9	10	70.4	39.31	31.09	44.16
10	10	70.4	37.56	32.84	46.65

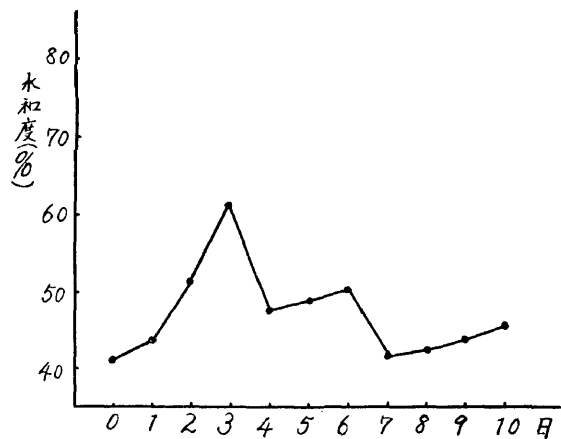
第3図 10°Cに於ける鶏肉の水和度変化



第1図 3°Cに於ける「ふな」の水和度変化

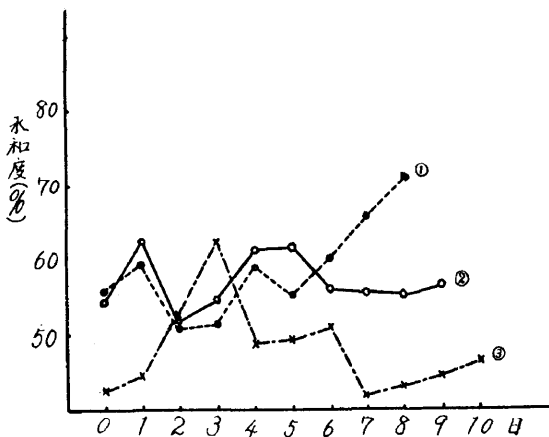


第4図 10°Cに於ける牛肉の水和度変化



即ち3°Cに保存した場合の「ふな」の水和度は死後硬直時は70.64%と死後24時間を経過した90.45%より低く第2日を頂点として第3日から徐々に水和度が下り第5日は最低値を示し以後次第に上昇する傾向を示している。(第1図)。温度10°Cで同様に「ふな」を保存した場合は3°Cよりもはるかに短かに水和度の変化がみられる。第2図に示すように第二日が水和度の最高を示し、第3日急激に最低に下り、4、5、6日と上昇し一週間で再び下り以後上昇傾向を示す。鶏肉も「ふな」と同様第2日に一度上昇し、第3日に下り、第4日以後上昇する。(第3図)。牛肉の場合は第4日が最大となり第5日以後下るが第8日から再び上昇している(第4図)。以上の結果より、「ふな」、鶏肉に於ては死後0日より第2日、牛肉では死後第4日に水和度が高くなつていくことがわかる。このことは肉組織の水和度が死後硬直時よりも、自家消化がある程度行われた死後第1日~4日に高くなることを意味する。水和度の高い時は食味が良いとされているから10°Cに保存した場合は「ふな」、鶏肉では死後24時間経過した時、牛肉では死後数日経過した時が最も食味の良い時と考えられる。死後硬直時から自家消化が更に進むとそれに従つて一時下り、死後第7日~8日から再び次第に上昇する傾向にある。この時のPHは7.0~7.5で既に腐敗の段階に入った事を示している。

第5図 肉の種類と水和度の変化



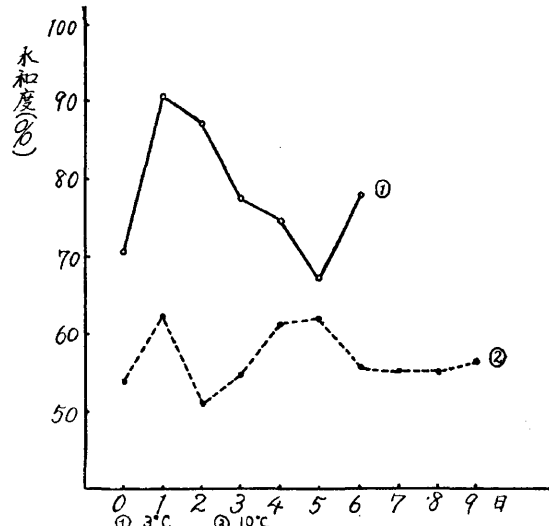
①鶏肉 ②ふな ③牛肉

肉の種類と水和度

第5図に示すように肉の種類によつて水和度の変化が異つている。「ふな」、鶏肉では、死後24時間で水和度が最高となり、48時間で急激に低下し、以後大体上昇の傾向を示す。この場合、「ふな」の水和度変化は比較的徐々に行われるが、鶏肉は第6日以後の変化

が特に著しい。牛肉では死後72時間で水和度が最高となり以後の変化も「ふな」、鶏肉より2日づつ遅く変化している。即ち肉組織の自家消化による変化速度は鶏肉が最も速く、次に「ふな」、牛肉は「ふな」、鶏肉より2~3日遅く、比較的徐々に変化しているものと考えられる。

第6図 温度変化と水和度(ふな)



温度と水和度との関係

次に温度を変えた場合の水和度の変化をみると第6図のようになる。「ふな」を3°Cに保存した場合、死後硬直後軟化した24時間後に水和度が最高となり以後自家消化期間中次第に低くなり死後5日が最低を示している。10°Cに保存した場合の水和度の変化は3°Cの場合より速く、死後第2日に最低を示している。即ち温度が低い場合は水和度の変化も温度が高い時より徐々に行われていることがわかる。故に低温の場合は高温より長く、比較的同じ状態に水和度を保ち得るから、食味の良い状態を長く保てることになるわけである。又第5図から考えて、牛肉の場合は3°Cにすれば10°Cに保存するより熟成期間が更に2~3日長くなる事が考えられる。

以上各種肉の水和度の変化をみると肉の種類や温度によつて水和度の変化速度は異なるけれども、一般に死後硬直時より一定時間経過して軟化した時に水和度が高くなり肉の熟成期間中は一時、水和度の最低を示し、後再び上昇する。自家消化の期間が終ると再び水和度が低下する。しかし腐敗がはじまると次第に水和度は上昇する。これは肉蛋白質の結着性が水和度に関係することを示すものと考えられる。死後肉の一定温度に於ける日数経過と水和度変化との間には一定の関係

があり、従つて肉の水和度変化を測定することによつて肉の鮮度検定法の一資料となし得るものと考えらる。

2) 弾力性の測定

〔ふな〕、鶏肉、牛肉の3試料について^(註1)圧縮加重時の歪が日数経過と共にどの様な傾向で変化するかを実験的に測定した。食品というものは非常に複雑な構造をもち、個体差が大きく、個体そのものの部分によつても筋肉の方向等、非等方的であるから測定される歪も、決して単純なものでなく、従つて測定結果より定量的に弾力性を云々する事は出来ないが測定値の全般的傾向から何らかの結論を得る事は可能である。被測定物の歪は一般に荷重の大きさと荷重時間の函数であると考えられる。しかしこの要素に関する測定を同時に行う事は事実上不可能である為筆者等は荷重時間を一定にして荷重を変化した時の歪と、それぞれの荷重除去時の歪の回復について測定した。^(註2)測定器については楯杆式(足立考案)のもので感度は200mg、歪の読みは最少 $\frac{1}{10}$ mmである。歪の数値は検体円直1cm当りの歪の数値で表した。

(註1) 鉛直線圧縮荷重

(註2) 弾性測定器の詳細については、京都女子大学家政学部食物学科卒業論文(1959)、北村綾子：食品鮮度に関する力学的考察、参照。

(a) 実験方法

「ふな」肉、鶏肉、牛肉を死後直ちに10°Cの冷蔵庫に保存し24時間毎に弾力性測定を行つた。即ち、「ふな」肉、鶏肉、牛肉共に5.~4cm平方、厚さ1~1.5cmの脂肪の部分除去した赤肉を調製し、シャーレに入れて10°Cに保存し24時間毎に弾力性測定器にて、単位面積荷重を70.5g/cm²から、707.2g/cm²にかけて70.5g/cm²の等間隔で荷重を増加した時の歪及び、それぞれの荷重除去時の回復度について測定した。その間5分毎である。測定期間は毎1日、1週間である。

(b) 実験結果及び考察

1. 「ふな」肉の弾力性の変化

「ふな」肉を死後直に10°Cに保存し、24時間毎に弾力性を測定した結果は第5表、第7、8図の如くである。即ち、死後24時間を経過した「ふな」肉の歪が硬直後の歪より著しく増加し、2、3、4日と日数を経に従つて徐々に歪が低下し、5、6日では歪が再び上昇する。8図で見る如く歪の示すカーブの傾斜がきつくなつてゐる。

353.5g/cm²あたりの歪の変化をみるに0日が他に比して歪が小さく1日後に於て著しく歪が大きくなり、5、6日後の弾力性測定による歪と同程度を示す、又荷重除去後の歪の回復線とあわせて考察してみると死後硬直に於ての荷重増加線と荷重除去線の歪の差が他の日数と比較して大きいことは「ふな」の死後硬直時が最も弾力性に富んでいることを意味する。

第5表 「ふな」肉の弾力性の変化

荷重g/cm ²	日数		0		1		2		3		4		5		6	
	※1	※2	0.1	0.03	0.3	0.16	0.26	0.09	0.15	0.05	0.21	0.07	0.23	0.14	0.32	0.15
70.7	0.29	0.07	0.39	0.25	0.34	0.15	0.17	0.08	0.25	0.10	0.32	0.21	0.42	0.23		
141.5	0.33	0.11	0.44	0.32	0.39	0.18	0.28	0.14	0.33	0.20	0.37	0.29	0.5	0.35		
212.2	0.35	0.16	0.78	0.33	0.42	0.24	0.31	0.18	0.34	0.25	0.46	0.36	0.53	0.44		
353.6	0.39	0.21	0.51	0.41	0.46	0.30	0.37	0.23	0.39	0.31	0.52	0.45	0.59	0.47		
424.3	0.41	0.24	0.54	0.43	0.49	0.31	0.39	0.25	0.41	0.33	0.7	0.55	0.62	0.48		
565.8	0.13	0.24	0.59	0.45	0.52	0.33	0.39	0.27	0.48	0.36	0.73	0.56	0.65	0.49		
636.5	0.44	0.26	0.60	0.46	0.54	0.33	0.39	0.29	0.51	0.37	0.73	0.56	0.68	0.49		
707.2																

※1 荷重時の歪 歪の数値一、検体円直1cm当りの歪の数値

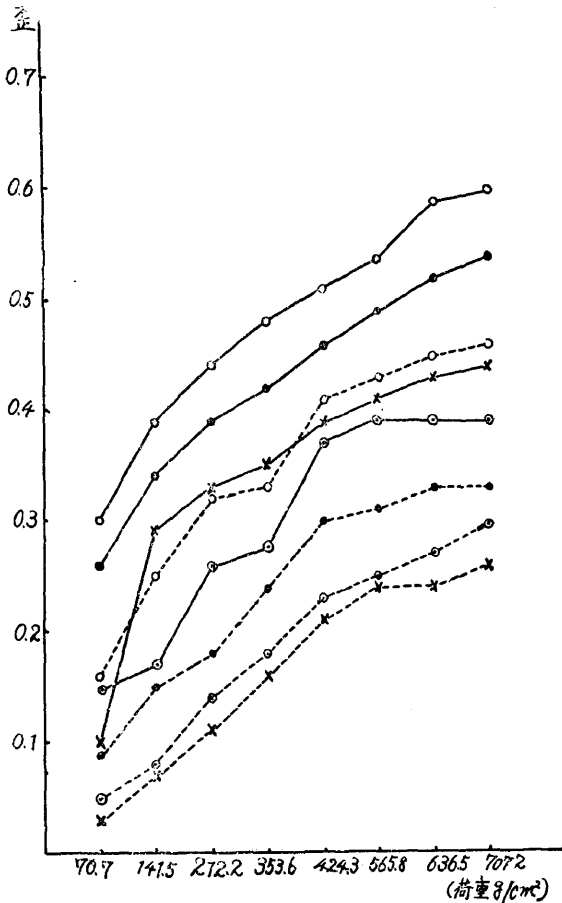
※2 荷重除去時の歪

2. 鶏肉の弾力性の変化

鶏肉を10°Cに保存し24時間毎に弾力性を測定した結果は第6表、第9、10図の如くである。荷重時の歪及び荷重除去後の歪曲線よりわかる如く、死後24時間

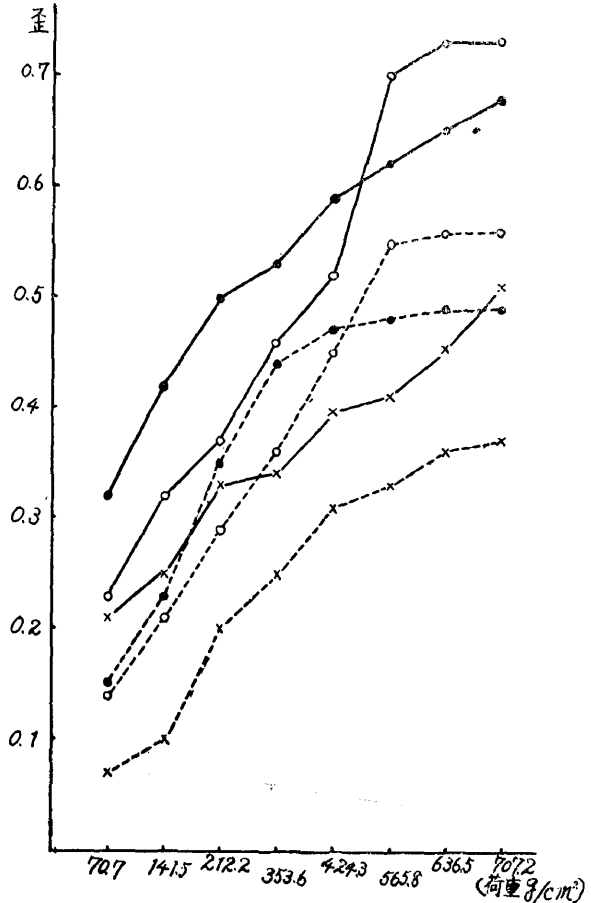
迄は歪が小さく回復率が他に比してより弾力性に富んでいることを示すようである。死後2、3日では歪が増加し、4日後に1時減少し、5、6日と時間を経るに従つて歪線が上昇している。

第7図 「ふな」肉の弾力性の変化



×—× 0日 } 荷重時 ×...× 0日 } 荷重除去時
 ○—○ 1日 } ○...○ 1日 }
 ●—● 2日 } ●...● 2日 }
 ●—● 3日 } ●...● 3日 }

第8図 「ふな」魚の弾力性の変化



×—× 4日 } 荷重時 ×...× 4日 } 荷重除去時
 ○—○ 5日 } ○...○ 5日 }
 ●—● 6日 } ●...● 6日 }

第6表 鶏肉の弾力性の変化

荷重g/cm ²	日数		日数													
	0	1	0	1	2	3	4	5	6	0	1	2	3	4	5	6
70.7	※1 0.08	※2 0.01	5.13	0.05	0.35	0.15	0.33	0.17	0.15	0.07	0.17	0.10	0.19	0.12		
141.5	0.11	0.04	0.22	0.18	0.51	0.20	0.42	0.28	0.23	0.22	0.23	0.19	0.25	0.21		
212.2	0.16	0.06	1.24	0.2	0.60	0.46	0.68	0.39	0.32	0.25	0.34	0.26	0.36	0.29		
353.6	0.21	0.13	0.26	0.23	0.65	0.52	0.74	0.60	0.40	0.34	0.41	0.37	0.41	0.37		
424.3	0.23	0.17	0.28	0.24	0.69	0.58	0.74	0.67	0.47	0.38	0.45	0.38	0.53	0.40		
565.8	0.27	0.2	0.31	0.36	0.69	0.59	0.77	0.68	0.53	0.4	0.59	0.48	0.56	.510		
636.5	0.29	0.23	0.33	0.28	0.71	0.6	0.88	0.75	0.53	0.44	0.61	0.57	0.67	.590		
707.2	0.31	0.20	0.36	0.31	0.78	0.62	0.88	0.76	0.55	0.45	0.68	0.58	0.71	0.61		

※1 荷重時の歪

※2 荷重除去時の歪

(3) 牛肉の弾力性の変化

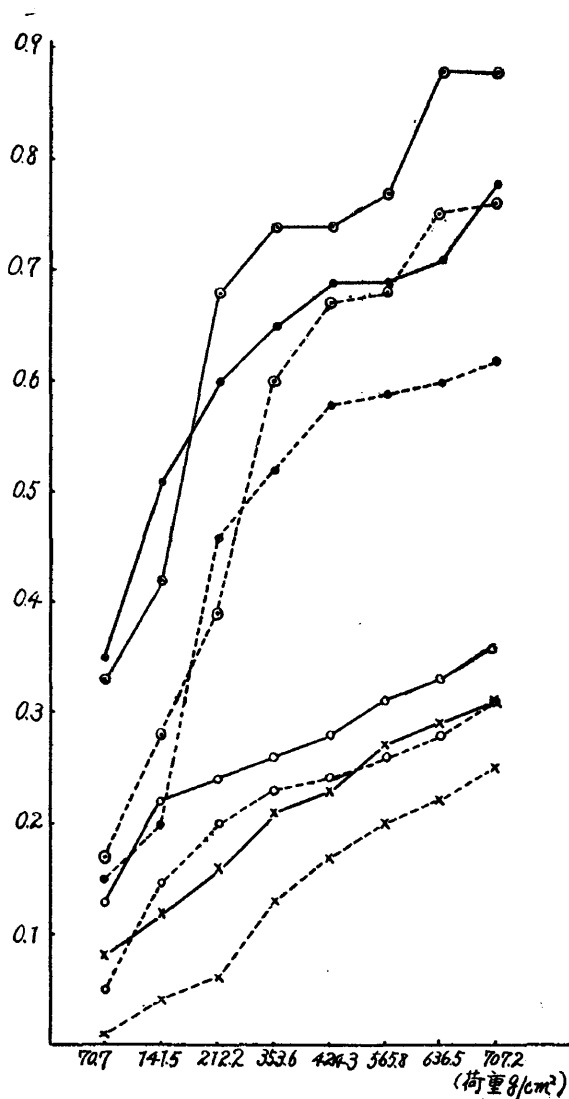
牛肉を10°Cに保存し24時間毎に弾力性を測定した結果は第7表, 第11, 12図で示す如くである。

牛肉に於ても24時間経過の歪曲線は他の日数に比して小さく回復歪曲線も70.7g/cm²に於て, 0.05を示し弾力性が著しく大きい事が実証される。2日経過では

歪が最も大きく, 3, 4, 5日では歪が3日経過時よりやや減少しながらも同程度の傾向を示し6日後は急激に歪が増加してゆく。

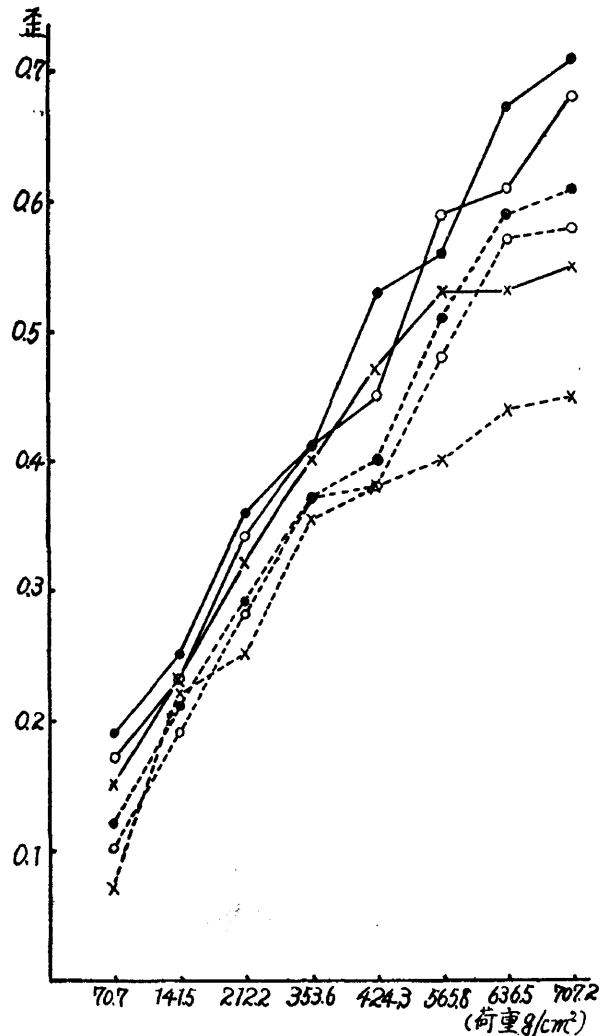
以上三種の肉について種類別に考察した。その結果, 食品の日数経過による鮮度低下と食品の圧縮荷重による弾力性の変化との間に次の様な関連性がみられ

第9図 鶏肉の弾力性の変化



×—× 0日 } 荷重時 ×...× 0日 } 荷重除去時
 ○—○ 1日 } ○...○ 1日 }
 ●—● 2日 } ●...● 2日 }
 ⊙—⊙ 3日 } ⊙...⊙ 3日 }

第10図 鶏肉の弾力性の変化



×—× 4日 } 荷重時 ×...× 4日 } 荷重除去時
 ○—○ 5日 } ○...○ 5日 }
 ●—● 6日 } ●...● 6日 }

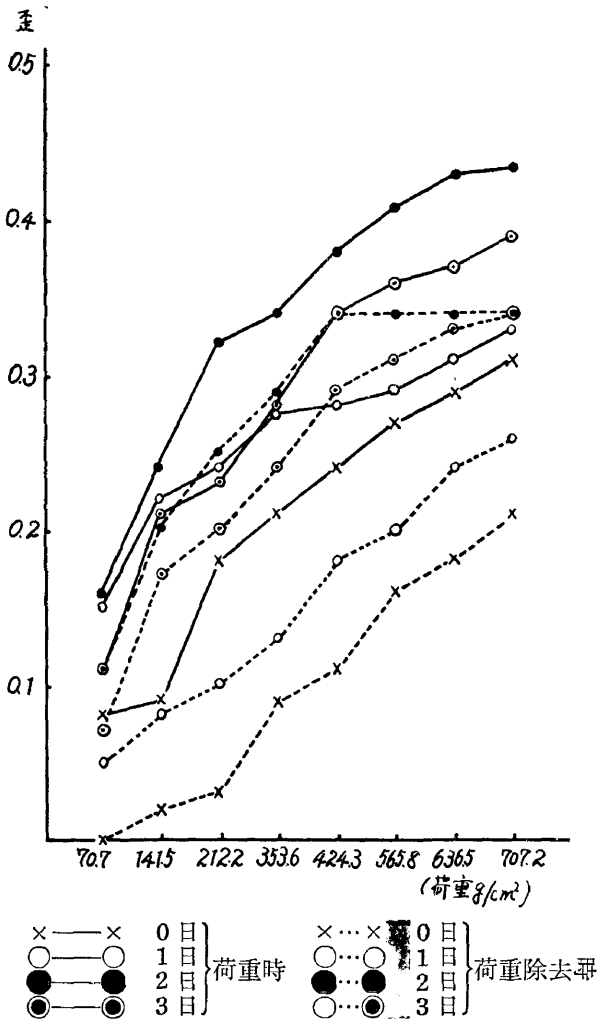
第7表 牛肉の弾力性の変化

荷重g/cm ²	日数														
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
70.7	※1 0.08	※2 0	0.15	0.05	0.16	50.1	3.11	0.07	0.12	0.07	0.20	0.04	0.13	0.11	
141.5	0.09	0.02	0.22	6.08	0.24	10.2	0.21	0.17	0.24	0.22	0.12	0.05	0.19	0.13	
212.2	0.18	0.03	0.24	0.10	0.32	0.25	0.23	0.20	0.28	0.24	0.14	0.08	0.22	0.19	
353.6	0.21	0.09	0.275	0.13	0.34	0.29	0.28	0.04	0.29	0.27	0.22	0.16	0.31	0.25	
424.3	0.24	0.11	0.28	0.18	0.08	0.34	0.34	0.29	0.33	1.28	0.26	0.18	0.35	0.30	
535.8	0.27	0.11	0.29	0.20	0.41	0.34	0.36	0.31	0.33	0.30	0.28	0.20	0.30	0.32	
336.5	0.29	0.18	0.31	0.24	0.43	0.34	0.37	0.33	0.34	0.31	0.32	0.22	9.41	0.35	
707.2	0.31	0.21	0.33	0.26	0.43	0.34	0.39	0.34	0.36	0.33	0.33	0.22	0.41	0.37	

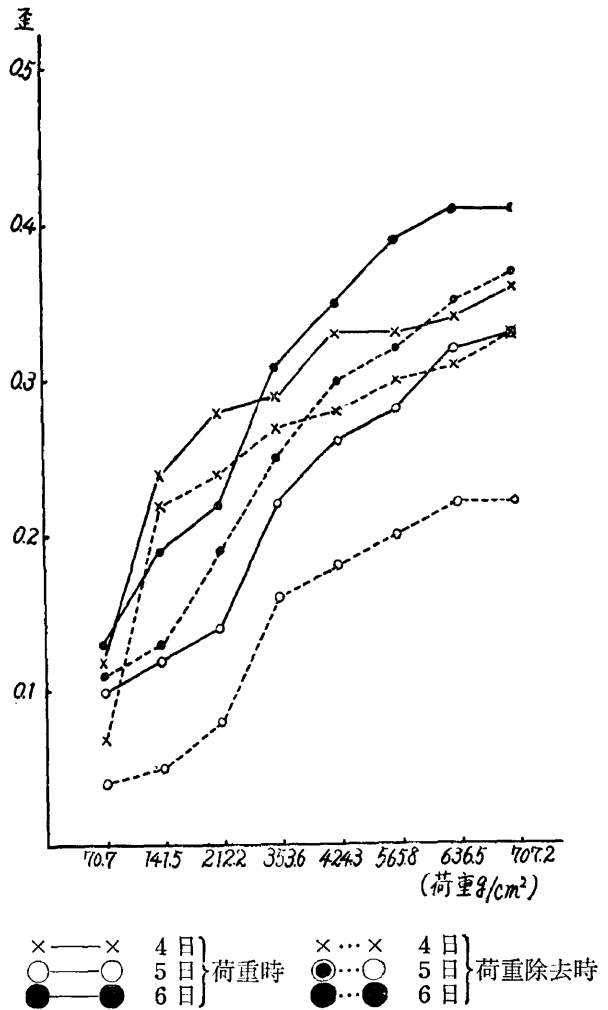
※1 荷重時の歪

※2 荷重除去後の歪

第11図 牛肉の弾力性の変化



第12図 牛肉の弾力性の変化



た。即ち日数経過と共に歪は大きくなり、その回復率は非対照性を示し小さくなった。又弾力性測定の結果三試料を比較して鶏肉が最も柔軟性を示し歪率0.88、「ふな」肉が0.73、牛肉が0.43で鶏肉の約1/2である。死後硬直が魚肉では死後2~4時間、鳥肉では4~12時間、牛肉で12~24時間で達すると云われているが、弾力性測定結果「ふな」肉では0日、鶏肉、牛肉では0~24時間後が最も歪が小さくなり硬直時である事が考察される。

死後硬直後24~48時間はやや歪が減少の傾向を示し以後日数経過とともに著しく歪が大となる。肉の自己消化が進に従い、硬直後24時間で著しく増加した歪が1時低下し5~6日目から再び上昇し腐敗へと進むに従い歪も増加してゆく。

Ⅲ. 結 論

牛肉、「ふな」、鶏肉の三種を用いて、肉類食品の鮮度検定の一方法として食品の水和度と弾力性について実験、考察した結果、肉の水和度、弾力性と鮮度と

の間には一定の関係があるものと考えられる。

- 1) 肉の水和度が死後硬直時に於て最も低く、弾力性試験では歪も最小値を示した。
- 2) 死後硬直後より再び軟化した時に水和度が高くなる。弾力性に於ても硬直後24~48時間に圧縮荷重に於ける歪線が著しく増加し弾力性が低下する。
- 3) 水和度に於ては肉の熟成期間中に一時水和度の最低を示し、後再び上昇し、自己消化期間が終ると再び水和度が下り、腐敗の段階に入ると再び水和度は上昇する。弾力性に於ても同様であることが分つた。即ち水和度と弾力性は相関的關係にあることが実証された。

参 考 文 献

- 1) 田内：水産講習所試験報告26(1931)
- 2) 藤巻，倉田：日本農芸化学会誌10:775(1958)
- 3) E. Wierbicki et al. : Food Technol., 10, 80(1956)
- 4) 桜井：食品事典 434(1959)