

## ペクチン分解物のラットにおける13週間亜急性毒性試験

高木 久宜<sup>#</sup>・安原加壽雄・三森 国敏・小野寺博志  
竹川 潔・高橋 道人

### A 13-week Subacute Oral Toxicity Study of Pectin digests in Rats

Hisayoshi Takagi<sup>#</sup>, Kazuo Yasuhara, Kunitoshi Mitsumori,  
Hiroshi Onodera, Kiyoshi Takegawa and Michihito Takahashi

A 13-week subacute oral toxicity study of pectin digests was performed in both sexes of F344 rats. Water containing 0, 0.15, 0.5, 1.5 or 5 % pectin digests was fed to 10 males and 10 females per group to detect its toxicity. No animals died during the administration period. Body weight gain was suppressed in male of the 5 % group compared with the 0 % group. Serum biochemistry analysis revealed a significant increase in BUN in male group treated with 5 % and increases in CRN in male group treated with 1.5 % or more. The weight of liver was significantly increased in female groups treated with 1.5 % or more. Histopathologically, no treatment-related damage was observed in any dosed groups.

Based on these results, the NOEL of pectin digests for both sexes in F344 rats was considered to be 0.5% in drinking water (male 545, female 657mg/kg/day).

**Keywords :** pectin digests, rat, subacute toxicity study  
(Received May 30, 1997)

#### はじめに

ペクチンは、マツの形成層、ハリモミヤトオヒ等の内部樹皮、レモンの皮、リンゴ等に含まれるプロトペクチンとして自然界に存在し、ジャム、マーマレード等のゲル化剤等、食品工業や飲料加工、製菓領域で広く使用されている。<sup>1,2)</sup>現在はヨーグルト等の乳化安定剤や増粘剤等にも用いられており、1994年にはこの用途で使用される物質の約60%を占め、世界需要の約10%が日本市場で消費されている。<sup>3,4)</sup>ペクチンには整腸作用、除菌作用、抗菌作用がある。これらはペクチンが親水性コロイドで腸管内でゲル化されることによって膨化し、吸着作用や緩衝作用を持つことにより、またペクチンの非解離型カルボキシル基が弱い殺菌作用を持つことにより作用するといわれる。<sup>5)</sup>このペクチンの主成分であるプロトペクチンを酵素で分解する事によって得られる物質がペクチン分解物であり、その主成分はガラクトロン酸である。このペクチン分解物にはpH 5.5以下でグラム陽性菌、陰性菌、特に乳酸菌に対して強い抗菌力を持つことが知られている。<sup>6)</sup>また、これらは果実等に含まれるペクチンの分解物であるため、食品素材のみで構成された保存料としてめんつゆ、各種タレ、ソース、

漬物等一般に使用されている。しかし、安全性評価のための毒性に関する十分な知見が未だ得られていない。そこで今回、ラットを用いてペクチン分解物の短期間大量投与での毒性を明らかにする目的で、最高用量を5%とする13週間の反復投与試験を行った。

#### 実験材料および方法

##### 1. 被験物質

ペクチン分解物は淡色～褐色の液体またはペーストで、酸味を有する。また、水に可溶でエタノール、油脂には不溶である。今回の実験にはアサマ化成株式会社より入手したペクチン分解物濃縮液(固形分含量:58.7%)を原体として飲料水中に添加した。

##### 2. 動物および方法

5週令 F344/DuCrj ラット (SPF) 雌雄各50匹を日本チャールス・リバー(株)より購入し、1週間の馴化飼育後実験に共した。

動物は温度 $24 \pm 1$  °C、湿度 $55 \pm 5$  %、換気回数18回/時(オールフレッシュ)、12時間明暗サイクルに制御されたバリアーシステムの飼育室で飼育した。ラットはプラスチックケージに1ケージあたり5匹ずつ収容し、床敷として三共ラボサービス(株)のソフトチップを使用して週2回の頻度でケージを交換した。

雌雄それぞれ1群あたり10匹からなる5群に分け、その

<sup>#</sup> To whom correspondence should be addressed: Hisayoshi Takagi; Kamiyoga 1-18-1, Setagaya-Ku, Tokyo, 158, Japan; Tel:03-3700-9845 Fax03-3700-2348 E-mail: htakagi@nihs.go.jp

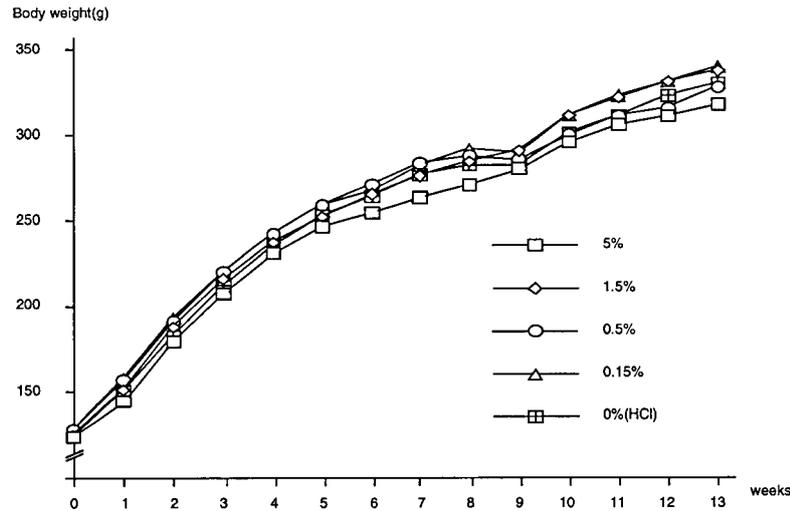


Fig. 1. Body weight curves for male rats fed water containing pectin digests for 13 week

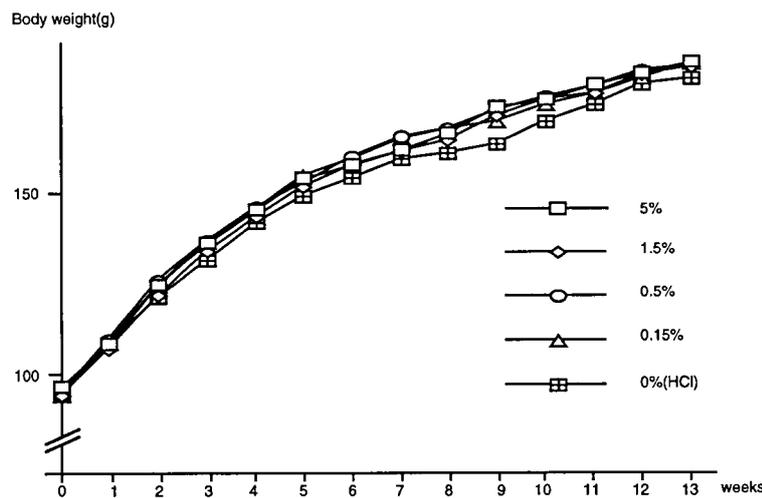


Fig. 2. Body weight curves for female rats fed water containing pectin digests for 13 week

うち4群を被験物質投与群としてペクチン分解物原体を5, 1.5, 0.5, 0.15%添加させた飲料水を13週間投与し, 1群を対照群としてpH2.4に調節したイオン交換水を同期間自由摂取させた。被験物質を添加した飲料水の調製は, 週に2度の頻度で行った。ペクチン分解物原液は調製時まで4℃に維持された試料保管室において保存した。ペクチン分解物は12.5%の濃度で飲料水に添加した場合, 室温で1週間は安定であることが確認されている。飼料としてCRF-1(日本チャールス・リバー)を使用した。

体重および飲料水摂取量は毎週測定した。一般状態および死亡動物の有無を毎日観察し, 投与開始13週後に全生存動物をと殺剖検し試験を終了した。動物はと殺の前日より一晩絶食後, エーテル麻酔下で開腹し, 腹部大動脈より採

血を行った。採血した血液は多項目自動血球計数装置(東亜医用電子社, 兵庫, M-2000型)を用い, 赤血球数(RBC), ヘモグロビン量(Hb), ヘマトクリット値(PCV), 平均赤血球容積(MCV), 平均赤血球色素量(MCH), 平均赤血球ヘモグロビン濃度(MCHC), 血小板数(Plt), および白血球数(WBC)の各項目を測定した。血清生化学的検査として, 総蛋白(TP), アルブミン(Alb), アルブミン・グロブリン比(A/G), 尿素窒素(BUN), クレアチニン(CRN), グルコース(Glc), トリグリセライド(TG), 総コレステロール(TCho), 総ビリルビン(TBil), アルカリ性フォスファターゼ(AIP), アラニンアミノトランスフェラーゼ(AIT), アスパラギン酸アミノトランスフェラーゼ(AsT),  $\gamma$ -グルタミルトランスフェラーゼ( $\gamma$ -GT), カ

Table 1. Body weight, Water consumption, food intake and total chemical intake in rats fed water containing pectin digests

Group(%)	Final body weight(g)	Water consumption (g/rat/day)	Diet intake (g/rat/day)	Total chemical intake (mg/kg/day)	
Male	0	316.0±12.5	26.0	14.8	3366
	0.15	325.7±7.6	25.7	15.0	1231
	0.5	316.2±11.8	27.6	14.8	545
	1.5	324.2±13.0	20.5	14.5	148
	5	307.0±10.0	17.6	13.4	0
Female	0	171.0±5.8	18.6	9.7	3916
	0.15	174.3±7.3	19.5	9.8	1290
	0.5	175.6±9.7	19.8	9.9	657
	1.5	175.0±9.7	12.4	9.3	204
	5	177.5±10.1	12.0	8.5	0

Table 2. Hematological changes in male rats fed water containing pectin digests for 13 week

Dose level (%)	0	0.15	0.5	1.5	5
No. of animals	10	10	10	10	10
RBC 10 <sup>12</sup> /l	9.65±0.36 <sup>a</sup>	9.48±0.26	9.61±0.19	9.61±0.31	9.58±0.28
Hb g/dl	15.9±0.6	15.5±0.4	15.6±0.3	15.6±0.5	15.8±0.3
PCV %	46.3±1.9	45.5±1.7	45.7±0.9	46.0±1.5	46.0±1.4
MCV fl	48.0±0.2	48.0±0.7	47.5±0.3	47.9±0.4	48.0±0.4
MCH pg	16.5±0.2	16.4±0.3	16.2±0.1 <sup>**</sup>	16.3±0.2	16.5±0.2
MCHC g/dl	34.4±0.3	34.1±0.9	34.1±0.3	34.0±0.6	34.4±0.4
Plt 10 <sup>12</sup> /l	0.81±0.04	0.79±0.04	0.81±0.04	0.80±0.04	0.79±0.06
Ebl count/200 WBC	0.4±0.2	0.4±0.3	0.5±0.4	0.2±0.2	0.3±0.3
WBC 10 <sup>9</sup> /l	4.70±0.44	4.17±0.42	4.27±0.68	4.43±0.46	5.28±0.71
Differential cell count(%)					
Neut-B	0.6±0.6	0.8±1.0	0.6±0.6	0.6±0.7	0.7±0.6
Baso	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0
Eosino	1.3±1.2	1.7±1.0	0.7±0.5	1.2±0.6	0.9±0.4
Neut-S	22.5±8.3	18.5±9.8	22.0±9.6	21.4±5.1	19.5±4.1
Lympho	74.2±8.4	78.3±10.3	75.7±9.3	76.2±5.3	78.0±4.0
Mono	1.4±0.6	0.8±0.5	1.0±0.7	0.7±0.5	1.0±0.6

a) Mean ± S.D.

\*,\*\* : Significantly different from the control at \* p&lt;0.05, \*\* p&lt;0.01, respectively

ルシウム (Ca), 無機リン (P), ナトリウム (Na), カリウム (K), クロール (Cl) の各項目の測定を行った。採血の終了した動物は放血と殺して剖検した後、脳、心臓、肺、肝臓、腎臓、副腎、脾臓、精巣、および胸腺の重量を測定した。また、上記臓器に加え主要臓器を10%中性緩衝ホルマリン液で固定した後、定法に従い薄切切片を作製しヘマトキシリン・エオジン (H.E.) 染色を施し、対照群と投与群について病理組織学検索を行った。

### 3. 統計学的処理方法

体重、血液学的検査、血清生化学的検査、および臓器重量の測定値は Bartlett の方法による等分散の検定を行い、分散が等しい場合には一元配置分散分析を行った。群間に有意な差が認められた場合、各群の動物数が等しい時には Dunnett 法、また、動物数が等しくない場合は Scheffe 法により平均値の比較を行った。分散が等しくない場合には

Kruskal-Wallis の検定を行い、有意差が認められた場合はノンパラメトリックの Dunnett 法または Scheffe 法による検定を行った。

## 結 果

### 1. 死亡動物

実験期間中を通じて雌雄各群に死亡動物は認められなかった。

### 2. 体重、飲水量および摂餌量

実験期間後半、雄の5%投与群において、対照群と比較して7, 8, 12および13週に有意な体重増加抑制が認められた (Fig. 1, 2)。飲水量は雌雄とも1.5%以上の投与群で低下する傾向が認められた。飼料摂取量は雌雄とも5%投与群でやや低下する傾向が認められた (Table. 1)。

### 3. 血液学的検査および血清生化学的検査結果

Table 3. Hematological changes in female rats fed water containing pectin digests for 13 week

Dose level (%)		0	0.15	0.5	1.5	5
No. of animals		10	10	10	10	10
RBC	10 <sup>9</sup> /l	8.88±0.26 <sup>a)</sup>	9.06±0.33	8.92±0.15	9.25±0.31*	8.92±0.35
Hb	g/dl	16.1±0.4	16.3±0.5	16.0±0.4	16.6±0.5	16.0±0.5
PCV	%	45.1±1.3	46.0±1.5	45.0±0.8	47.3±1.7**	45.7±1.8
MCV	fl	50.7±0.2	50.8±0.4	50.5±0.4	51.2±0.3*	51.3±0.3**
MCH	pg	18.2±0.2	18.0±0.1	17.9±0.2	18.0±0.2	18.0±0.2
MCHC	g/dl	35.8±0.3	35.5±0.2	35.5±0.5	35.2±0.5*	35.0±0.5**
Plt	10 <sup>9</sup> /l	0.82±0.03	0.84±0.04	0.81±0.03	0.84±0.04	0.81±0.04
Ebl	count/200 WBC	0.7±0.3	0.9±0.5	0.6±0.3	0.6±0.3	0.6±0.3
WBC	10 <sup>9</sup> /l	3.42±0.40	4.00±0.71	3.30±0.63	4.31±0.36**	3.92±0.47
Differential cell count (%)						
Neut-B		0.4±0.5	0.1±0.3	0.4±0.4	0.4±0.4	0.4±0.4
Baso		0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0
Eosino		0.7±0.5	0.9±0.9	0.8±0.9	0.7±0.5	0.8±0.5
Neut-S		9.8±7.0	9.1±7.6	8.7±7.3	10.9±6.7	10.9±5.9
Lympho		88.1±7.3	89.0±8.1	89.3±8.2	87.3±6.8	87.1±6.5
Mono		1.1±0.9	0.9±0.6	0.9±0.6	0.7±0.7	0.9±0.8

a) Mean ± S.D.

\*, \*\*: Significantly different from the control at \*p&lt;0.05, \*\*p&lt;0.01, respectively

Table 4. Serum chemistry in male rats treated with pectin digests for 13 week

Dose level (%)		0	0.15	0.5	1.5	5
No. of animals		10	10	10	10	10
TP	g/dl	7.26±0.28 <sup>a)</sup>	7.27±0.41	7.17±0.16	7.39±0.37	7.44±0.34
Alb	g/dl	4.04±0.11	4.00±0.22	3.92±0.01	4.03±0.16	4.06±0.21
A/G		1.26±0.05	1.23±0.06	1.21±0.08	1.20±0.06	1.20±0.06
BUN	mg/dl	20.2±1.1	18.3±1.2*	18.6±1.6	20.5±2.2	23.3±1.9**
CRN	mg/dl	0.30±0.02	0.31±0.02	0.32±0.02	0.35±0.02**	0.36±0.02**
Glc	mg/dl	171±12	161±18	156±11	168±16	163±15
TG	mg/dl	73±19	60±14	66±17	92±16	118±28**
TCho	mg/dl	65±9	60±8	60±3	65±8	63±5
TBil	mg/dl	0.04±0.01	0.04±0.01	0.14±0.01	0.04±0.00	0.04±0.01
Alp	mU/ml	352±26	337±32	332±28	367±23	370±38
ALT	mU/dl	71±8	69±6	65±5	68±8	72±6
AST	mU/dl	94±12	98±15	82±9	93±9	111±13**
γ-GT	mU/dl	0.40±0.30	0.45±0.30	0.37±0.16	0.33±0.27	0.39±0.21
Ca	mg/dl	10.1±0.4	10.2±0.5	10.2±0.2	10.4±0.6	10.3±0.5
P	mg/dl	6.8±0.5	6.7±0.6	6.6±0.4	6.4±0.6	6.2±0.5
Na	mEq/l	147±7	143±5	143±5	144±7	144±6
K	mEq/l	4.8±0.3	4.3±0.3	4.3±0.2**	4.5±0.5	4.4±0.3*
Cl	mEq/l	104±6	99±4	101±2	101±5	101±5

a) : Mean ± S.D.

\*, \*\*: Significantly different from the control at \*p&lt;0.05, \*\*p&lt;0.01, respectively

Table 5. Serum chemistry in female rats treated with pectin digests for 13 week

Dose level (%)		0	0.15	0.5	1.5	5
No. of animals		10	10	10	10	10
TP	g/dl	6.81±0.18 <sup>a)</sup>	7.01±0.25	6.96±0.24	7.28±0.34**	7.05±0.44
Alb	g/dl	4.06±0.12	4.16±0.22	4.14±0.14	4.31±0.19*	4.09±0.21
A/G		1.48±0.08	1.46±0.13	1.47±0.06	1.45±0.07	1.38±0.07
BUN	mg/dl	17.9±1.4	18.4±1.7	17.9±2.0	18.2±2.6	18.9±2.0
CRN	mg/dl	0.29±0.02	0.32±0.01*	0.33±0.03**	0.32±0.01*	0.30±0.01
Glc	mg/dl	124±15	108±12*	117±9	128±8	125±11
TG	mg/dl	27±4	35±16	26±10	50±13**	34±13
TCho	mg/dl	76±7	82±6	80±7	78±9	75±7
TBil	mg/dl	0.06±0.01	0.06±0.01	0.07±0.01	0.06±0.01	0.08±0.01**
Alp	mU/ml	232±20	219±31	217±20	242±26	214±14
ALT	mU/dl	56±5	53±4	54±4	56±6	50±8
AST	mU/dl	80±8	84±6	86±7	84±9	81±17
γ-GT	mU/dl	0.13±0.33	0.11±0.21	0.05±0.10	0.21±0.43	0.14±0.18
Ca	mg/dl	9.7±0.3	9.9±0.3	9.8±0.2	10.3±0.3**	9.9±0.4
P	mg/dl	5.5±0.5	6.1±0.2**	5.8±0.4	5.9±0.5	5.7±0.4
Na	mEq/l	141±2	142±3	143±2	144±2	141±4
K	mEq/l	4.1±0.3	4.0±0.2	4.1±0.2	4.1±0.1	4.2±0.5
Cl	mEq/l	101±4	101±5	101±2	100±2	101±3

a) : Mean ± S.D.

\*, \*\*: Significantly different from the control at \*p&lt;0.05, \*\*p&lt;0.01, respectively

血液学的検査において、雄では0.5%投与群でMCHの有意な減少が認められたが、これは用量に相関するもので

はないため、偶発的な変動とみなした (Table.2)。雌では、1.5%以上の群で用量に相関してMCVは増加し、MCHC

Table 6. Organ weight of male rats treated with pectin digests for 13 week

	Dose level (%)				
	0	0.15	0.5	1.5	5
Body weight (g)	316.0±12.5	325.7±7.6	316.2±11.8	324.2±13.0	307.0±10.0
Absolute (g)					
Brain	1.937±0.031 <sup>a)</sup>	1.932±0.165	1.975±0.051	1.987±0.049*	1.948±0.036
Thymus	0.193±0.023	0.201±0.023	0.179±0.033	0.192±0.037	0.191±0.036
Lung	1.008±0.060	1.036±0.038	1.052±0.074	1.046±0.046	0.984±0.070
Heart	0.958±0.060	0.981±0.074	0.956±0.040	0.944±0.035	0.903±0.045*
Spleen	0.628±0.042	0.660±0.064	0.664±0.030*	0.661±0.036	0.624±0.044
Liver	7.527±0.379	7.626±0.115	7.573±0.338	7.856±0.481	7.579±0.337
Adrenal	0.036±0.003	0.039±0.004	0.037±0.006	0.038±0.004	0.036±0.003
Kidney	1.898±0.035	1.988±0.084*	1.948±0.129	1.915±0.105	1.855±0.084
Testis	3.074±0.084	3.161±0.132	3.166±0.132	2.897±0.709	3.007±0.064
Relative (g/100g B.W.)					
Brain	0.614±0.027	0.594±0.055	0.625±0.013	0.614±0.026	0.635±0.018
Thymus	0.061±0.006	0.062±0.007	0.056±0.010	0.059±0.010	0.062±0.013
Lung	0.319±0.008	0.318±0.010	0.333±0.016*	0.323±0.014	0.320±0.017
Heart	0.303±0.012	0.301±0.020	0.302±0.008	0.292±0.013	0.294±0.009
Spleen	0.199±0.010	0.203±0.019	0.210±0.012*	0.204±0.007	0.203±0.010
Liver	2.382±0.096	2.342±0.055	2.396±0.081	2.422±0.079	2.469±0.058*
Adrenal	0.011±0.001	0.012±0.001	0.012±0.002	0.012±0.001	0.012±0.001
Kidney	0.601±0.017	0.610±0.020	0.616±0.031	0.591±0.026	0.604±0.017
Testis	0.974±0.043	0.912±0.194	1.000±0.040	0.894±0.218	0.980±0.025

a) : Mean±S.D.

\* : Significantly different from the control at p&lt;0.05

Table 7. Organ weight of female rats treated with pectin digests for 13 week

	Dose level (%)				
	0	0.15	0.5	1.5	5
Body weight (g)	171.0±5.8	174.3±7.3	175.6±9.7	175.0±9.7	177.5±10.1
Absolute (g)					
Brain	1.789±0.034 <sup>a)</sup>	1.794±0.049	1.783±0.038	1.757±0.034	1.800±0.038
Thymus	0.166±0.022	0.164±0.024	0.157±0.020	0.152±0.029	0.174±0.020
Lung	0.716±0.027	0.727±0.040	0.749±0.078	0.717±0.047	0.732±0.049
Heart	0.579±0.029	0.615±0.046*	0.596±0.034	0.576±0.031	0.598±0.044
Spleen	0.382±0.021	0.407±0.024*	0.404±0.043	0.391±0.012	0.416±0.021**
Liver	3.694±0.146	3.837±0.244	3.875±0.253	3.972±0.293*	4.002±0.263**
Adrenal	0.045±0.004	0.044±0.004	0.044±0.004	0.045±0.006	0.043±0.005
Kidney	1.115±0.041	1.098±0.052	1.122±0.071	1.108±0.060	1.215±0.074**
Relative (g/100g B.W.)					
Brain	1.048±0.048	1.031±0.057	1.018±0.058	1.006±0.054	1.010±0.043
Thymus	0.097±0.013	0.094±0.013	0.090±0.012	0.087±0.017	0.098±0.014
Lung	0.419±0.015	0.417±0.016	0.426±0.032	0.410±0.013	0.413±0.021
Heart	0.339±0.012	0.353±0.025	0.339±0.014	0.329±0.013	0.337±0.010
Spleen	0.223±0.012	0.234±0.011	0.230±0.015	0.224±0.009	0.235±0.007*
Liver	2.162±0.060	2.203±0.125	2.206±0.074	2.268±0.067**	2.256±0.115*
Adrenal	0.026±0.002	0.025±0.002	0.025±0.002	0.026±0.003	0.024±0.002
Kidney	0.653±0.019	0.631±0.030	0.640±0.041	0.634±0.026	0.685±0.021**

a) : Mean±S.D.

\* , \*\* : Significantly different from the control at \*p&lt;0.05, \*\* p&lt;0.01, respectively

は減少した (Table.3)。その他、いくつかの測定項目で対照群と比較して有意な変動がみられたが、これらは用量に相関するものではなく、偶発的な変動とみなした。血清生化学的検査では雄の BUN, TG, AST が 5% 投与群で CRN が 1.5% 以上の投与群で有意に増加し、K が 5% 投与群で有意に減少した (Table.4)。雌では TBil が 5% 投与群で有意に増加し、CRN が 0.15, 0.5, 1.5% 投与群で有意に増加したが用量に相関するものではなかった (Table.5)。その他、いくつかの測定項目で対照群と比較して有意な変動がみられたが、これらは用量に相関するものではなく、偶発的な変動とみなした。

#### 4. 臓器重量

雄の 5% 投与群では、体重の増加抑制に対応して心臓の絶対重量が有意に減少し、相対重量では肝臓で有意な増加を認めた (Table.6)。雌では脾臓、肝臓、腎臓が 5% 投与群で、肝臓が 1.5% 投与群で絶対重量と相対重量が有意に増加した (Table.7)。その他、いくつかの測定項目で対照群と比較して有意な変動がみられたが、これらは用量に相関するものではなく、偶発的な変動とみなした。

#### 5. 病理組織学的所見

投与群の各臓器組織では対照群と比較して、投与に起因する変化は認められなかった。

## 考 察

日本で保存料として食品添加物に認可されているペクチン分解物は、Nozaki 等によりその抗菌性が報告されている。その抗菌作用はオリゴガラクトロン酸およびガラクトロン酸の非解離型カルボキシル基による殺菌効果と、オリゴガラクトロン酸による増殖阻害効果によるものであるとされている。<sup>5)</sup>マウス経口投与による急性毒性試験において、LD50値は4350mg/kg と低毒性である事が報告されている。<sup>6)</sup>雄の5%投与群では投与7, 8, 12, および13週に有意な体重増加抑制がみられ、飲水量と摂餌量も減少したことから、これらの変化は投与に関連する可能性が推察された。血清生化学的検査では、雄の1.5%以上の投与群でCRNが、5%投与群でBUNが増加した。組織学的には腎に明らかな変化は見られなかったがこれらの検査値の変動は軽度であったが有意であったことから、本物質を長期投与することにより腎障害が発現する可能性も考えられた。雌の1.5%以上の投与群で肝重量の有意な増加が認められた。肝障害を示唆する酵素の有意な変動は認められなかったこ

とから、軽度の薬物代謝酵素誘導による肝重量の増加の可能性が考えられた。以上の結果から、本実験条件下におけるペクチン分解物の無影響量 (NOEL) は0.5% (雄545, 雌657mg/kg/day) であると考えられた。なお、今回認められた血清学的変化や体重増加抑制を考慮し、現在この結果を元に最高用量を5%として慢性毒性試験では同じ用量(5, 2.5, 1.5, 0%)で1年間、癌原性試験では5, 2.5および0%の3用量で2年間の試験を実施中である。

## 文 献

- 1) 今堀和友, 山川民夫 (監修): 生化学事典第2版, 東京化学同人, 1192 (1990)
- 2) 山田常雄, 前川文夫, 江上不二夫, 八杉竜一, 小関治男, 古谷雅樹, 日高敏隆 (編集): 岩波生物学事典第3版, 岩波書店, 1175 (1983)
- 3) 林吉純: ペクチンの特性と利用法. 食品・食品添加物研究誌, 167, 22~30 (1996)
- 4) 食品添加物総覧1992年版, 食品化学新聞社, 59-60 (1992)
- 5) 野崎一彦, 横塚弘毅: ペクチン分解物の抗菌性. 天然物による食品の保蔵技術, 1~20 (1985)
- 6) アサマ化成株式会社社内報