

## 焙焼カゼインの温度による消化率への影響

三宅志保、藤森直江、菊野恵一郎

栄養素を我々は食物という形で摂取しており、その栄養素が消化吸収されるまでに、各種の消化酵素が作用している。食物には色々な摂取方法があり、生で摂取する場合もあるが、たん白質を多く含む食品は加熱調理を行う。この加熱によって、消化率がどのように変化するか、また、どの程度に加熱したら一番消化が良いのかを調べてみた。

試料のたん白質としては、必須アミノ酸を適当に含み、栄養的に良質なカゼインを用いて行った。カゼインは焙焼しない未処理のものと、焙焼したものを使用し、それぞれの見かけの消化率と保留率を求めた。また、焙焼しないカゼインと、焙焼カゼインの人工消化試験も同時に行い、動物を用いた消化実験との比較も行ってみた。

### 実験方法

#### 1) カゼインの焙焼方法

焙焼方法は、直径17~19cmのシャーレにカゼインを4mmの厚さ(60g~70g)に入れた。この程度の量が、底部まで均一に焙焼される量である。焙焼には、第1回目は、電気乾燥器を用いたが、周辺部より焦げ始める傾向があったので、第2回目は、熱風乾燥器を用いた。

焙焼温度は、小幡氏<sup>2)</sup>の未処理、60°C、100°C、120°C(全体に黄色に焼き色が付く程度)、140°C、180°C(山吹色)での焙焼カゼインの人工消化試験の結果、120°C迄はほとんど同じで、180°Cで急激な低下が見られた。そこで120°C±1°Cと、焦げ始める温度として、第1回目の電気乾燥器では160°C±1°C、第2回目の熱風乾燥器では180°C±1°Cとした。(写真)

#### 2) 動物実験

動物は、ウィスター系雄(実験1:14週齢、実験2<sup>1)</sup>:11週齢、日本チャールズ・リバー社)を用い、室温23°C±1°Cにて、12時間自動点滅調整の飼育室(7:00~19:00迄を明期とした。)にて、代謝ケージで飼育した。

体重及び残餌量の測定は毎日行い、飲用水は水道水を自由摂取させた。

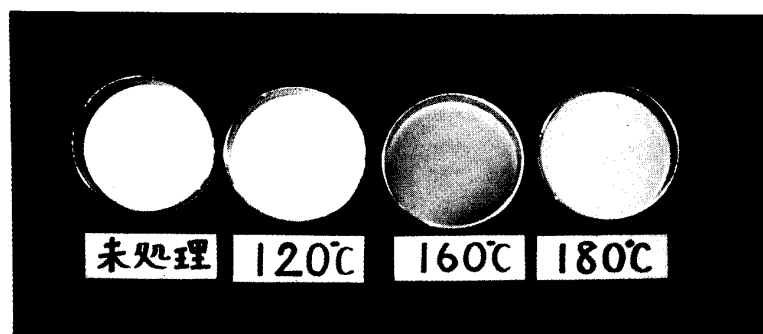


写真 カゼインの焙焼温度による色の変化

飼育期間は、実験1では昭和61年11月28日～12月20日、実験2は昭和63年3月25日～4月16日であった。実験1・2とも、1週間を予備実験として、本実験は、実験1が15日間、実験2が14日間ずつとし、この期間の飼料組成を表1に、群分けを表2に示した。

表1 飼料組成

成	分	割合 (%)				
カ	ゼ	イ	ン <sup>1)</sup>	18		
α	ポ	テ	ト	澱	粉 <sup>1)</sup>	63.8
セル	ロ	ース	パウ	ダー <sup>2)</sup>	5	
大	豆	白	絞	油 <sup>2)</sup>	8	
ミ	ネ	ラル	混	合	物 <sup>3)</sup>	1.2
ビ	タ	ミン	混	合	物 <sup>3)</sup>	4.0

1) : 和光純薬製カゼイン

2) : オリエンタル酵母製

3) : オリエンタル酵母製オリエンタル配合

表2 群分け

実験番号	グループ	カゼイン焙焼温度	
実験1	対照群	1	未処理
	実験群	2	120°C
		3	160°C
実験2	対照群	4	未処理
	実験群	5	120°C
		6	180°C

飼料中のカゼインについては、実験1の1群、実験2の4群には焙焼していない(未処理)カゼインを与えた。2群・5群には、120°C焙焼、3群は160°C焙焼、6群は180°Cに焙焼したカゼインを用いた。

給餌方法は全て、pair feedingで給餌し、飼料量の1.5倍量の水で練り、1日1回給餌した。

### 3) 消化率の測定

窒素量は全て、ケルダール法にて求めた。

#### ① 動物実験

本実験1週目と2週目の最終2日間の排泄物を1日分ずつ採取し、窒素量を測定して、みかけの消化率・保留率の算出を行った。

#### ② 人工消化試験

ペプシン-塩酸による消化試験<sup>3)</sup>を行った。分解酵素にペプシン(和光純薬製ペプシン・1:10,000)を用い、分解は恒温器内37°C±1°Cにて42時間行った。

## 実験結果

### 1) カゼイン及び飼料中窒素量

カゼイン及び飼料中の窒素量を表3・4に示した。

表3 焙焼カゼインの窒素量 (mg/g)

焙焼温度	実験1	実験2
未処理	129.77±2.38	132.72±2.71
120°C	143.50±0.90	142.83±2.68
160°C	144.95±4.69	—
180°C	—	146.03±1.17
平均値±SD値		

表4 飼料中窒素量 (mg/g)

飼料	実験1	実験2
未処理	23.97±0.93	24.51±1.88
120°C	26.44±0.58	24.99±0.73
160°C	26.50±0.42	—
180°C	—	26.30±0.92
平均値±SD値		

2) 飼育結果

本実験中の飼料摂取量を図1に、窒素摂取量を図2に示した。1日当り飼料摂取量は殆んど同じであったが、窒素摂取量に差があるのは、飼料中窒素量の違いによるものである。

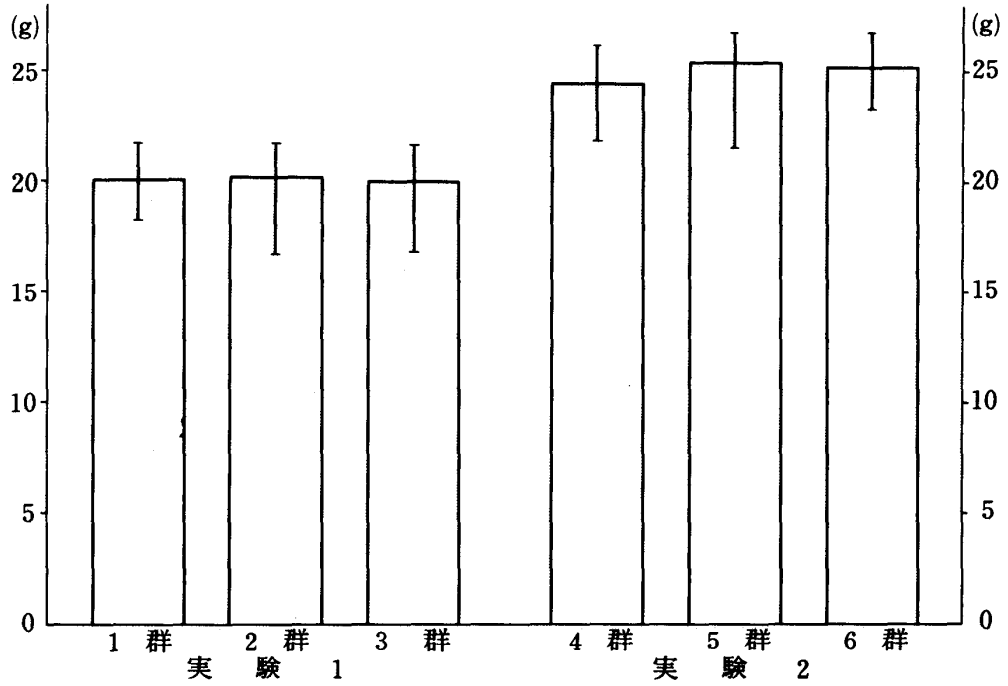


図1 本実験中の1日当り群別飼料摂取量

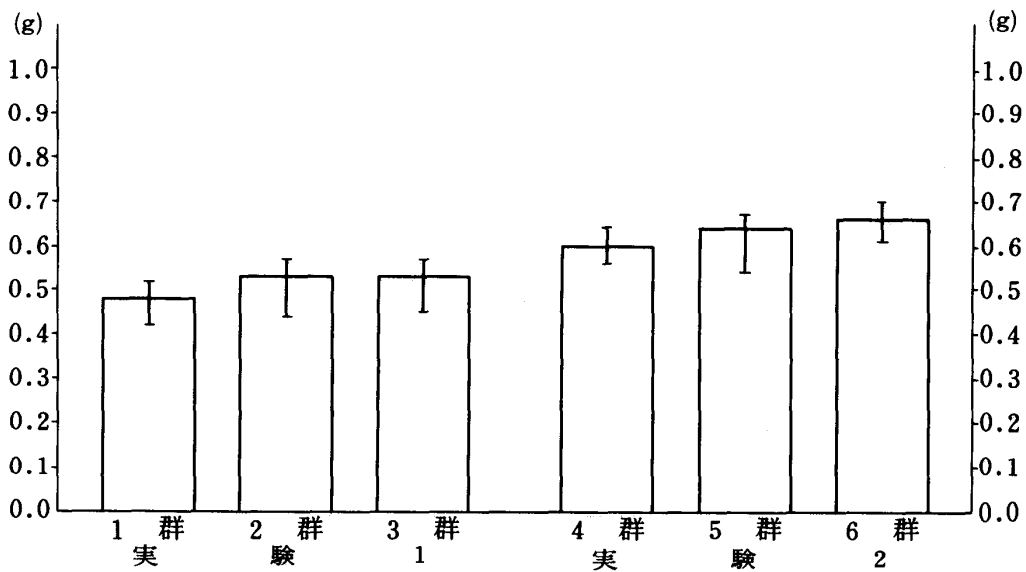


図2 本実験中の1日当り群別窒素摂取量

体重指数曲線を、実験1は図3、実験2は図4に示した。実験1では各群間に有意差が認められたが、実験2では認められなかった。実験1の第15日目に各群共に体重が減少したのは、給餌不足によるものと思われる。

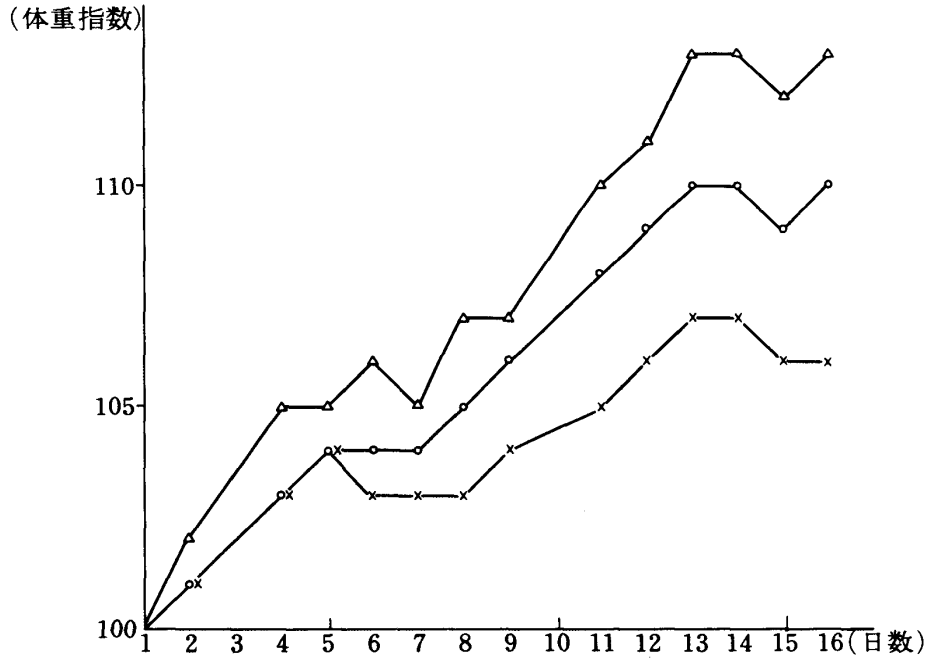


図3 実験1の体重指数曲線

初日を100とした指数で示した。

○：1群 △：2群 ×：3群

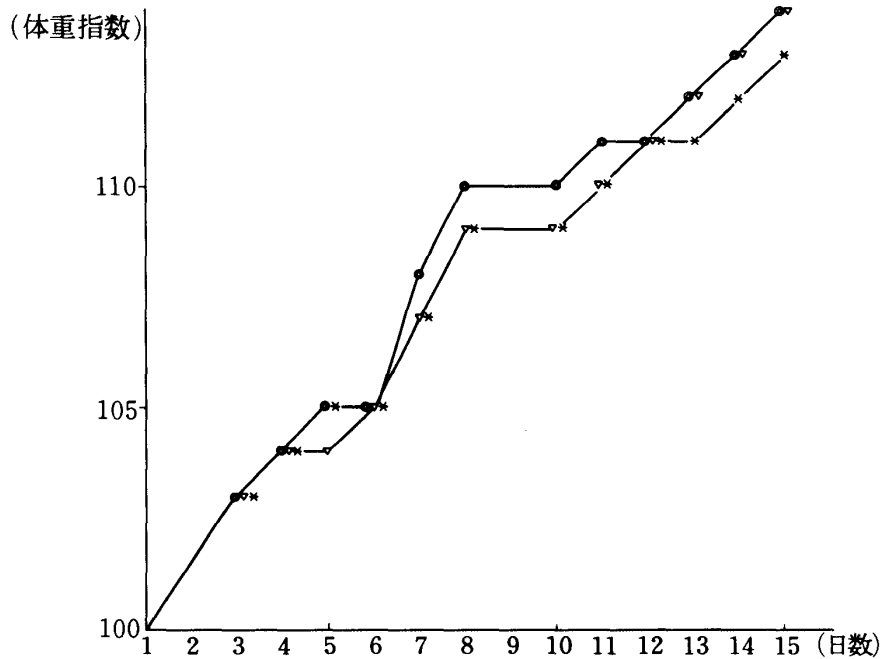


図4 実験2の体重指数曲線

初日を100とした指数で示した。

◎：4群 ▽：5群 \*：6群

3) 消化率・保留率

実験1では、15日目が2週目の排泄物採取日の第1日目に当り、前述の体重の減少とともに消化率・保留率にも、有意の相違を生じた為、結果の検討は第1週目の値のみについて行った。実験2においては、1週目と2週目の値の平均値を用いて検討した。

消化率を表5に示した。実験1の1・2群間には有意差が認められなかったが、他の群間及び実験1・2間には、有意差が認められた。(表6)

表5 みかけの消化率 (%)

実験 1		実験 2	
群	平均値±SD値	群	平均値±SD値
1	93.95±0.56	4	92.87±0.38
2	94.56±0.56	5	93.54±0.86
3	76.57±2.97	6	89.54±0.88

表6 群別及び実験別有意差 (消化率)

群	実験 1 <sup>1)</sup>			群	実験 2 <sup>1)</sup>			有意差 <sup>2)</sup>
	1	2	3		4	5	6	
1		—	***	4		*	***	***
2			***	5			***	*
3				6				<sup>3)</sup>

1) : 群別間の有意差  
 2) : 実験別の有意差  
 3) : 飼料内容が違ふ為、比較検討は行わなかつた。  
 — : P > 0.05 \* : P ≤ 0.05 \*\*\* : P ≤ 0.001

表7 保留率 (%)

実験 1		実験 2	
群	平均値±SD値	群	平均値±SD値
1	28.24±2.21	4	30.22±5.41
2	33.49±4.75	5	16.48±5.18
3	31.56±4.13	6	23.74±4.76

表8 群別及び実験別有意差 (保留率)

群	実験 1 <sup>1)</sup>			群	実験 2 <sup>1)</sup>			有意差 <sup>2)</sup>
	1	2	3		4	5	6	
1		*	—	4		***	*	—
2			—	5			**	***
3				6				<sup>3)</sup>

1) : 群別間の有意差  
 2) : 実験別の有意差  
 3) : 飼料内容が違う為、比較検討は行わなかった  
 — : P > 0.05 \* : P ≤ 0.05 \*\* : P ≤ 0.01 \*\*\* : P ≤ 0.001

保留率を表7に示した。実験1の1・3群間、2・3群間には有意差が認められなかったが、他の群間には認められた。実験1・2の比較では、1・4群間には有意差が認められなかったが、2・5群間には有意差が認められた。(表8)

4) 人工消化率

カゼインの人工消化率は、実験1・2において未処理と120°C焙焼カゼインに、それぞれ有意差が認められなかったため、未処理と120°Cは実験1と2を平均して表9に示した。各試料間に有意差が認められた。

考 察

焙焼カゼインの窒素量を比較すると、焙焼温度が高くなるほど窒素量が増えるのは、カゼインの加熱処理前後の重量変化により水分蒸発の結果、相対的に窒素量が増えたものと思われる。また、実験1と2の未処理の窒素量の違いは、カゼインの購入時期の違いと思われる。

みかけの消化率を、それぞれの実験内で検討すると、両者共、120°C焙焼カゼインで調製し

表9 カゼインの人工消化率

(%)

焙焼温度	消化率	有 意 差*)			
未 処 理	77.45±4.80	} * } *** } * }	} *** }	} *** }	} *** }
1 2 0 °C	80.41±2.61				
1 6 0 °C	62.38±1.61				
1 8 0 °C	51.90±5.68				

数値は平均値±SD値  
 \*) : \* : P ≤ 0.05 \*\*\* : P ≤ 0.001

た飼料摂取群 (2・5群)、次いで未処理カゼイン群 (1・4群)、焦げたカゼイン群 (3・6群) の順で低くなっている。この結果から、カゼインは120°Cに加熱した場合が消化が良く、焦がしてしまうと消化が悪くなるということが推測される。しかし、実験1の1・2群間に有意に差が見られないので、今後、もっと検討をしていきたい。

人工消化試験と動物実験とを比較すると、同一焙焼温度における消化率の値に差があり、後者の方に高い値が見られた。この点について三島等<sup>4)</sup>の結果では、未処理の場合、動物実験では、93.87%、飼料の人工消化率84.41%、カゼインの人工消化率73.34%であり、120°Cの場合は、それぞれ73.75%、93.80%、75.01%であった。同一焙焼条件間では有意差が認められているが、飼料の人工消化率は、動物によるみかけの消化率に近い値であった。

人工消化試験はペプシンのみを用いて実験を行ったので、数種の酵素を用いれば、もっと、生体の場合に近い結果が得られるものと思われる。しかし、焙焼温度が高い程、消化率が低下する点では両者共同し傾向が得られた。

布施等<sup>5)</sup>の実験でも、食品を加熱すると消化率の低下が見られ、これはアミノ酸残基のラセミ化が原因であると報告している。<sup>5)~8)</sup>今回用いた試料中のアミノ酸の分析は、現在、検討中である。

保留率は、実験1と2に同じ傾向が見られないので、推測するのは困難と思われる。

今回の実験は、たん白質の焙焼しか行っておらず、他の栄養素を添加して焙焼した場合、どの様に消化率と保留率が変化するかを今後の課題としたい。

## 要 約

生体内及び生体外の消化試験とを行ってカゼインの焙焼による消化率、保留率への影響を調べた。また両者の比較も行った。

- 1) 焙焼温度が高くなるほど、消化率が低下する。
- 2) 未処理よりも幾分焙焼した方が、消化率が良くなる。
- 3) 保留率には、どのような影響が出てくるか、今後の課題としたい。

本実験は、田口友子氏の協力を得たもので記して謝意を表する。

## 文 献

- 1) 田口友子：焙焼カゼインの温度による消化率への影響(3)，本学卒論 (1988)
- 2) 小幡愛子：焙焼カゼインの温度による消化率への影響(1)，本学卒論 (1987)
- 3) 林寛他：図説食品・栄養学実験書，理工学社，(1984)



- 4) 三島慶子, 木村孝子: 焙焼カゼインの温度による消化率への影響(2), 本学卒論 (1987)
- 5) 布施真理子, 早瀬文孝, 加藤博通: 焙焼食品におけるタンパク質の消化性とアミノ酸残基のラセミ化, 栄養と食糧, 37, 349 (1984)
- 6) 早瀬文孝, 加藤博通, 藤巻正生: 焙焼たん白質のたん白分解酵素による消化性, 栄養と食糧, 28, 39 (1975)
- 7) Hayase. F, Kato. H, and Fujimaki. M: Racemization of Amino Acid Residues in Proteins and Poly (L-aminoacids) during Roasting, J. Agric. FoodChem., 23, 491 (1975)
- 8) Hayase. F, Kato. H, and Fujimaki. M: Racemization of Amino Acid Residues in Casein Roasted with Glucose and/or Methyl Linoleate Agric. Biol. Chem., 43, 2549 (1979)

三宅 志保 (本学助手補)

藤森 直江 (本学専任講師)

菊野恵一郎 (本学教授)