

澱粉の消化に關する研究 (第一報)

鈴木 重雄

緒 論

通常の食品及飼料の各成分の消化率を検するに、炭水化物の消化最も良好なれども若し炭水化物の含量極めて多きもの又は炭水化物を添加し、その滋養率を十以上に廣くする時は炭水化物自身の消化を不良にするのみならず、他の成分殊に蛋白質の消化を減退せしむる事は公知の事實にして澱粉減退と稱せらる。

キーン (G. Kühn) の實驗に據れば一日九基の乾草にて飼育せし牡牛に澱粉二基及三五基を添加し乾草の各成分の消化量を検せしに次の如き結果を得たりと云ふ。

(Landw. Vers. stat. 44 (1894) 470-472)

	固形物	粗蛋白質	可溶無窒物
第一期澱粉不添加	四五四九瓦	四五一瓦	二三一五瓦
第二期二基澱粉添加	四三一七瓦	四〇七瓦	二二三九瓦
第三期三五基澱粉添加	三九一四瓦	三〇一瓦	二〇一六瓦

かく澱粉添加によりて生じたる消化減退は、更に蛋白質アミノ酸等の窒素化合物を添加する事に據りて再び消化を増進せしむる事は從來往々文獻に見る處なり。

Eftfont; Compt. vend. soc. biol. 57 (1904) 234

Ferroue and Weil; J. physiol path 14 (1912) 437

而してこの窒素化合物添加に據る澱粉消化増進の理由に就き、近時シャーマン及ウォーカー (Schermann and Walker) の二氏は各種アミラーゼの澱粉加水分解作用に對する種々のアミノ酸の影響に關し組織的研究をなし、アスパラジン及アスパラジンの如きは唾液アミラーゼ、腓液アミラーゼ等の動物性アミラーゼの澱粉分解作用を促進するものなりと報告せり。

(Amer. chem. soc. 11 (1919) 1875—1855)

又ビーデルマン (U. Biedermann) は蛋白質、アルブミン、ポリペプチド及結晶性アミノ酸類を以て澱粉糖化試験を實驗したる結果、前記窒素化合物自身が澱粉を糖化する力を有せる事を報告せり。

Arch. neerland physiol. 7 (1922) 151—156, C. A. 17 (1923) 565

然れども著者は尙ほ前記の理由以外に他の原因あらんと思考し、且つ澱粉添加に據る消化減退の理由を併せ究めんが爲め、次の如き實驗を行ひ澱粉消化減退及窒素化合物添加に據る影響に就いて研究せり。

實驗の部

試験に供したる動物は著者の數回消化試験に用ひたる黒色小犬にして(農學會報第二一四號)

試験前十數日前より澱粉に甘蔗糖、食鹽及鯉節の煮出し液を混じ、コップ蒸氣殺菌釜にて蒸熟し澱粉を糊状になし、之れを團子状として給與せり、后日々食鹽、鯉節の煮出し液の量を減じ遂に全く食鹽、煮出し液を加へざるに至らしめ、試験を開始せり、試験期間の前後には玄米飯を與へ、翌一日間絶食せしめ玄米飯に據る特有の囊状粒の糞に據りて試験食物に據る糞と豫備飼育中のものと區別せり。

從來供試食物と豫備飼育中の食物に據る糞の境界は木炭末或は色素を用ひしが、著者は木炭末、色素何れも腸壁に附着し供試食物の腸内を通過する際その外周に附着し一見豫備飼育中の食物より來れるが如く見え、しかもその外側のみを除去するは極めて困難なり、然るに玄米飯による糞は囊状粒となり腸の内壁に附着する事少く、且つ供試食物による糞の外周に附着するも容易に除去するを得可し、據つて著者は常に玄米飯、小豆の如き特有の囊状粒糞を生ずるものを用ひて糞の境界を附するものなり。

其他試料、糞の分析動物の飼育法は總て嘗て農學會報第二一一號及第二二四號に述べたると同様にせり、供試食物の澱粉は東亞製藥會社製最上品及實驗室に於て馬鈴薯より製したるものにして其組成を示せば次の如し。

	水分	粗蛋白質	澱粉	灰分
東亞製藥會社製澱粉	一四・七七%	〇・五八%	八四・〇二%	〇・四六%
實驗室製馬鈴薯澱粉	一六・八三%	殆どなし	八二・三九%	〇・三〇%

又澱粉に添加せし甘蔗糖は通常市販のものにしてその組織次の如し。

水分一・二七% 粗蛋白質〇・二四% 粗脂肪〇・一一% 甘蔗糖九七・三七% 葡萄糖〇・四三%
 % 灰分〇・六四%

澱粉消化試験第一期のものは東亞製藥會社製第二期は實驗室製の澱粉を用ひたりその食下
 量糞量を示せば次の如し。

第一期澱粉消化試験

月日 澱粉食下量 甘蔗糖食下量 新鮮糞量 風乾糞量

四月

十六日	玄米飯を與ふ	二〇〇瓦	三〇瓦	一	一
十七日	絶食	二〇〇瓦	三〇瓦	一	一
十八日	玄米飯を與ふ	二〇〇瓦	三〇瓦	一	一
十九日	玄米飯を與ふ	二〇〇瓦	三〇瓦	一	一
二十日	玄米飯を與ふ	二〇〇瓦	三〇瓦	五六瓦	一
二十一日	玄米飯を與ふ	二〇〇瓦	三〇瓦	一一〇瓦	一
二十二日	玄米飯を與ふ	一〇〇瓦	一五瓦	九五瓦	一
二十三日	絶食	一〇〇瓦	一五瓦	一〇五瓦	一
二十四日	玄米飯を與ふ	九〇〇瓦	一三五瓦	五〇五瓦	一七七瓦
計		九〇〇瓦	一三五瓦	五〇五瓦	一七七瓦

一〇三五瓦

第二期澱粉消化試験

月日	澱粉食下量	甘蔗糖食下量	新鮮糞量	風乾糞量
四月 二十五日	玄米飯を與ふ			
四月 二十六日	絶食			
四月 二十七日	二〇〇瓦	三〇瓦		
四月 二十八日	二〇〇瓦	三〇瓦		
四月 二十九日	一〇〇瓦	一五瓦	九三瓦	
四月 三十日	二〇〇瓦	三〇瓦	九五瓦	
五月 一日	一〇〇瓦	一五瓦	八八瓦	
五月 二日	二〇〇瓦	三〇瓦	九四瓦	
五月 三日				
五月 四日			一五瓦	
五月 五日	一〇〇瓦	一五瓦		
五月 六日	一〇〇瓦	一五瓦	八三瓦	
五月 七日	二〇〇瓦	三〇瓦		
五月 八日	絶食		四七瓦	
五月 九日	玄米飯を與ふ		九八瓦	

澱粉の消化に關する研究(第一報)

計 一四〇〇瓦 二一〇瓦 六一三瓦 二二〇瓦

一六一〇瓦

右飼育による風乾糞の組成左の如し。

固形物 澱粉及糖 粗灰分 全窒素

第一期糞 九七・一五% 六九・五七% 二・八八% 二・三一%

第二期糞 九五・一九% 六四・七八% 三・一三% 二・五六%

以上の數に據り消化率を計算すれば次の如し。

第一期澱粉消化率計算表

	食下量	排泄量	消化量	消化率
固形物	九〇〇・五五瓦	一四二・七九瓦	七五七・七六瓦	八四・一四%
澱粉及糖	八八九・三二瓦	一〇二・二六瓦	七八七・〇六瓦	八八・六二%
粗灰分	四・九八瓦	四・二四瓦	〇・七四瓦	一四・八六%
全窒素	〇・九三瓦	三・四〇瓦	(一) 二・五二瓦	

第二期澱粉消化率計算表

	食下量	排泄量	消化量	消化率
固形物	一三七二・〇〇瓦	二〇九・四二瓦	一一六二・五八瓦	八四・七一%
澱粉及糖	一三五八・九七瓦	一四二・五一瓦	一二一六・四六瓦	八九・五九%
粗灰分	五・五一瓦	六・八八瓦	(一) 一・三七瓦	
全窒素		五・二二瓦	(一) 五・二二瓦	—

右の計算にて澱粉及糖の消化率を別けざるは、澱粉、甘蔗糖共に酵素等の作用により還元糖に變せるものありて兩者に區別を附する事の困難なる爲め、何れも葡萄糖に換算し合して計算せり。

尙ほ前記二表を見るに、第一期表に於て澱粉分消化量の固形物消化量よりも二九三〇瓦第二期表に於て五三・八八瓦多きを見る、これ極めて不合理の如く見ゆれども然らず、即ち糞中に消化液、胆汁、外皮細胞等の混入するは公知の事實にして、キーン (Kühn) ショルゲン (Jordan) 及ウォルフ (Wolf) は糞中消食器に由來する蛋白質の量を檢し、其量消化せし固形物百分に就き窒素として〇・四—〇・五平均〇・四五分蛋白質として二・八分なるを認め、モルゲン (Morgen) は羊、豚につきて試験し消化器より分泌する窒素化合物は窒素として〇・四%は過少なれば〇・八五%に増す可しと主張せり、又ウィルト (Wildt) も消化液中の灰分の糞に混入するを認めり、澤村眞博士著家畜飼養學五七頁而して前記二試験に於ても、窒素及粗灰分の食下量より排泄量の多きを見てもこの事實なる事を知り得可し。

然るに糞中の炭水化物にて消食器に由來するものはなきを以て、排泄物中の炭水化物は總て食物より來れるものなれども、糞中の固形物は食物より來れるもの以外消食器に由來するものあれば、單に食下量より排泄量を減じて計算せる消化量は、炭水化物に於ては眞の消化量なれども固形物にては眞の消化量よりも少量になる理なり、據つて前表の如き結果を生じたるなり。

試験に供したる澱粉の如き食物に於ては炭水化物以外の固形物の量極めて微少なるを以て、

固形物と炭水化物の消化量の差は總て消食器に由來するものと見て大過なかる可し、即ち第一期に於ては固形物の消化量百分に就き三・八七分第二期に於ては五・四九分消食器に由來せる固形物の排泄量と考ふるを得可し。

第一期の第二期のものに比し少量なるは、前記澱粉分析表にて示すが如く東亞製藥會社製品の實驗室製品に比し不純なる爲め炭水化物以外の固形物の多量なるに據ると思考し得、故に著者は消化固形物百分に就き大約五分のものが消食器に由來する固形物の排泄量と認むる者なり。

以上の結果によりて澱粉及糖の消化率は凡そ八九%なるを見る、これ通常食品中の一成分としての澱粉及糖の消化率に比すれば良好と云ふを得ず。

次に著者は食品より澱粉のみを分別せる結果原食物中に存在せし時に比し、幾何の消化減退を來すやを知らんと欲し、第二期消化試験に用ひし澱粉の原料たる馬鈴薯をもつて消化試験を行ひたり。

第三期馬鈴薯消化試験

月 日 馬鈴薯食下量 新鮮糞量 風乾糞量

六 月

十二日 玄米飯を與ふ

十三日 絶 食

十四日 六〇〇瓦

十五日	六〇〇瓦	—	—
十六日	六〇〇瓦	五五瓦	—
十七日	七〇〇瓦	二〇瓦	—
十八日	六〇〇瓦	—	—
十九日	六〇〇瓦	五三瓦	—
二十日	七〇〇瓦	三五瓦	—
廿一日	絶食	四八瓦	—
廿二日	玄米飯を與ふ	五三瓦	—
廿三日	右同	一五瓦	—
計	四五〇〇瓦	二七九瓦	九五瓦

供試馬鈴薯及馬鈴薯風乾糞の粗成次の如し。

馬鈴薯	固形物	粗蛋白質	澱粉及糖	灰分
右糞	二五・六七%	一・三六%	一九・九二%	〇・八二%
	九四・七三%	二三・七二%	四七・三一%	八・四一%

第三期馬鈴薯消化率計算表

	食下量	排泄量	消化量	消化率
固形物	一一五五・一五瓦	八九・六九瓦	一〇六五・四六瓦	九一・三八%
粗蛋白質	六一・二〇瓦	二二・四三瓦	三八・六七瓦	六二・九六%

澱粉及糖

八九六・四〇瓦

四四・九五瓦

八五一・四五瓦

九四・九八%

粗灰分

三六・九〇瓦

七・九九瓦

二八・九一瓦

七八・三六%

即ち馬鈴薯中に存在する時には九四・九八%の消化率を有する澱粉も、これを分別する時は八九・五九%となり五・三九%の消化減退を見る可し。

かくの如き澱粉の消化減退は、從來屢々研究せられたる如く全く窒素化合物の存在せざる爲めなるや否やを確めんと欲し、前記馬鈴薯澱粉百瓦に對し獨逸メルク製アスバラジン五瓦を加へ消化試験を行ひたりその食下量、糞量等を示せば次の如し。

第四期アスバラジン添加澱粉消化試験

月日

澱粉食下量

甘蔗糖食下量

アスバラジン食下量

新鮮糞量

風乾糞量

六月

廿八日

玄米飯を與ふ

廿九日

絶食

卅日

二〇〇瓦

三〇瓦

一〇瓦

七月

一日

二〇〇瓦

三〇瓦

一〇瓦

二日

一

一

一

三日

二〇〇瓦

三〇瓦

一〇瓦

四日

二〇〇瓦

三〇瓦

一〇瓦

二八瓦

八四瓦

三三瓦

一

一

一

一

一

五日	二〇〇瓦	三〇瓦	一〇瓦	四五瓦	
六日	絶食			一〇五瓦	
七日	玄米飯を與ふ			七三瓦	
八日	右全			三六瓦	
計	一〇〇〇瓦	一五〇瓦	五〇瓦	四〇四瓦	一二八瓦
		一二〇〇瓦			

アスバラジン添加澱粉風乾糞の組成は固形物九三・二五%澱粉及糖五八・三〇%粗灰分二・九六%全窒素三・六〇%にして消化率計算表左の如し。

第四期アスバラジン添加澱粉消化率計算表

	食下量	排泄量	消化量	消化率
固形物	一〇三〇〇瓦	一一九三六瓦	九一〇六四瓦	八八・四一%
澱粉及糖	九七〇八九瓦	七四・六二瓦	八九六二七瓦	九二・三一%
粗灰分	四五七瓦	三・二〇瓦	一・三七瓦	二九・九八%
全窒素	一〇七七瓦	四・六〇瓦	六・一七瓦	五七・二九%

即ち澱粉百瓦に就きアスバラジン五瓦を添加せる爲め、澱粉及糖の消化率は二・七二%増加せるを見る、然らばかくの如き窒素化合物の添加量を増加すればそれに伴ひて澱粉及糖の消化率も増進するものなるや否やを知らん爲め、第五期消化試験として前記馬鈴薯澱粉百瓦に就きアスバラジンの添加量を十瓦に増加して試験を行ひたり。

第五期アスバラジン添加澱粉消化試験

月日	澱粉食下量	甘蔗糖食下量	アスバラジン食下量	新鮮糞量	風乾糞量
十月					
十二日	玄米飯を與ふ				
十三日	絶食				
十四日	二〇〇瓦	三〇瓦	二〇瓦		
十五日	二五〇瓦	三七五瓦	二五瓦		
十六日	二〇〇瓦	三〇瓦	二〇瓦	六五瓦	
十七日	二〇〇瓦	三〇瓦	二〇瓦	三七瓦	
十八日	二五〇瓦	三七五瓦	二五瓦	四五瓦	
十九日	一〇〇瓦	一五瓦	一〇瓦	五八瓦	
廿日	絶食			二六瓦	
廿一日	玄米飯を與ふ			四五瓦	
廿二日	右全			三三瓦	
計	一二〇〇瓦	一八〇瓦	一二〇瓦	三〇九瓦	九六瓦
		一五〇〇瓦			

第五期アスバラジン添加澱粉風乾糞の組成は固形物九四・五八%澱粉及糖六〇・七九%粗灰分二・五八%全窒素四・一七%にして消化率計算表次の如し。

第五期アスパラジン添加澱粉消化率計算表

	食下量	排泄量	消化量	消化率
固形物	一二九五九六瓦	一〇六八八瓦	一一八九〇八瓦	九一・七五%
澱粉及糖	一一六五〇九瓦	六八・六九瓦	一〇九六・四〇瓦	九四・一〇%
粗灰分	一・一五瓦	二・九一瓦	(一) 一・七八瓦	
全窒素	二五・五一瓦	四・七一瓦	二〇・八〇瓦	八一・五四%

右表に示す如くアスパラジンの添加量を増加する事に據りて澱粉及糖の消化を一七九%増加したり、然れども第四期に於ては澱粉の五%に相當するアスパラジンの添加に據りて二七二%の増加を見たれども、第五期に於ては倍量のアスパラジンを添加したれども澱粉及糖の消化増進はこれに比例せずして一七九%増加したるのみ、これ澱粉及糖のアスパラジン添加に據る消化増進率はアスパラジンの添加量に比例せずして、最初は大なれども添加量の増加に伴ひて漸減するものならん。

次に添加するアミノ酸の種類によりて消化増進率の異なるものなるやを知る爲めにアスパラジン酸獨逸メルク會社製品を澱粉百瓦に對し五瓦を添加し消化試験を行ひたり。

第六期アスパラジン酸添加澱粉消化試験

月日	澱粉食下量	甘蔗糖食下量	アスパラジン酸食下量	新鮮糞量	風乾糞量
十月					
廿五日	玄米飯を與ふ				

十一月	絶食					
卅一日	一〇〇瓦	一五瓦	五瓦	八三瓦		
三十日	二〇〇瓦	三〇瓦	一〇瓦	四四瓦		
廿九日	二〇〇瓦	三〇瓦	一〇瓦	六二瓦		
廿八日	二〇〇瓦	三〇瓦	一〇瓦			
廿七日	二五〇瓦	三七五瓦	一二五瓦			

一日	絶食			五八瓦		
二日	玄米飯を與ふ			四九瓦		
三日	右全			二五瓦		
計	九五〇瓦	一四二・五瓦	四七・五瓦	三二一瓦	一三八瓦	

一一四〇瓦

アスパラジン酸添加澱粉糞の風乾体組成は固形物九五・二六%澱粉及糖六三・九五%粗灰分二・七三%全窒素三・〇七%にしてその消化率計算表次の如し。

第六期アスパラジン酸添加澱粉消化率計算表

	食下量	排泄量	消化量	消化率
固形物	九七八・五六瓦	一三〇・五一瓦	八四八・〇五瓦	八六・六六%
澱粉及糖	九二二・〇七瓦	八七・六一瓦	八三五・〇九瓦	九〇・五七%

粗灰分	三・七四瓦	三・七八瓦	(一) 〇・〇四瓦	1
全窒素	五・〇三瓦	三・九六瓦	一・〇七瓦	二一・二七%

前表の如くアスバラジン酸も亦澱粉の消化を増進せしむる効あれどもアスバラジンの如く顯著ならず、これ前者はモノアミノ酸にして後者はジアミノなる爲めその窒素含量の少量なる爲めに前記試験の如く澱粉消化増進率の低きならん、然らば窒素は如何なる作用に據つて澱粉の消化を増進するやと云へば恐らく次の如き分解作用の結果ならんと思考す。

アミノ酸類の消食器内に至れば直ちに体内に消化吸収せらるゝものもあれどその一部は必ず消食器内の細菌の作用によりアムモニア、炭酸、水等を生ず可きは想像に難からず、又澱粉も消食器内に於て細菌の爲めに分解せられ遊離酸を生ず可し、而して此の酸性の強き時は腸内のアルカリ性に於て活性なるアミロプシン等の澱粉分解酵素の作用は著しく妨げられ従つて澱粉の消化減退を來すは當然の結果なる可し、然るに若しこの酸がアミノ酸の分解に據つて生じたるアムモニアによりて中和せらるゝとせば、澱粉分解酵素の作用は再び旺盛となり澱粉の消化増進を來す可き理なり、尙ほこの事實を証する爲めに前記消化試験各期に於ける糞の酸度を定量せるに次の如き結果を得たり。

糞	酸度(乳酸として)	澱粉消化率
第一期糞	九・〇四%	八八・六二%
第二期糞	九・四七%	八九・五九%
第三期糞	五・二二%	九四・九八%

第四期糞	六・五六%	九二・三一%
第五期糞	四・二九%	九四・九九%
第六期糞	七・三五%	九〇・五七%

即ち豫想の如く消化率の高きもの程換言すれば窒素の含量の多量なる食物程その糞中の酸含量の少きを見る可し、これ著者の推論の正しきを證するものなり、アミノ酸にてもアスパラジンを添加せしものと同量のアスパラジンを添加せしもの、澱粉消化増進率の異なり、且つ糞の酸含量を異にするは前者のデアミノたるに對し後者のモノアミノたる爲め腸内細菌の分解に據つて生ずるアムモニアの生産量の異なる爲めならん、又同じアスパラジンにてもその添加量の異なるに據りて糞中の酸含量及澱粉消化促進率の異なるも亦、生産せらるるアムモニアの量の異なる爲めなるは論を待たざる處なり、據つて前記各アミノ酸の添加による澱粉の消化増進はビーデルマンの研究の如くアミノ酸その物が澱粉の糖化作用を有するにもよる可し、又シャーマン及ウーガー兩氏の試験の如くアミノ酸が澱粉消化酵素の作用を刺撃促進せしむるにもよる可けれども、著者はむしろ前記の如く動物体の消食器内に於ける細菌の分解作用によつて澱粉より多量に生ずる遊離酸を、同じく消食器内の細菌によつてアミノ酸より生産せらるるアムモニアにて中和せらるる、結果、澱粉分解酵素の作用をその障害より除去する爲めの効の大なるを認むるなり。

尙ほ前記諸氏の研究に據れば、澱粉添加により澱粉以外の物質即ち蛋白質等の消化減退の理由及窒素化合物の再添加によつての消化増進の理を説明する事能はざれども、著者の稱ふる

説によれば、容易に説明するを得可し、即ち腸内の蛋白質分解酵素等もアルカリ性に於て活性なるものなれば、澱粉の分解により多量の酸の生ずる時は澱粉分解酵素の場合の如くその作用衰へ消化減退を生ず可く、又アミノ酸に由来するアムモニアに據つて酸を中和すれば消化増進を示すは當然の理なる可し。

然れどもアミノ酸の如き極めて消化吸収され易きものが腸内に至り細菌の作用を受くる事は信じ難しと稱ふる者もあらんも、糞の窒素含量を検する時にはアミノ酸の添加量の増加するに従ひ、又モノアミノたるアスパラシン酸を添加せる時よりもデアミノたるアスパラジンを添加せしものが次に示すが如く窒素含量の多量なるを見る可し。

糞

窒素(固形物百分中)

第一期糞(澱粉)

二・三八%

第二期糞(澱粉)

二・六八%

第三期糞(馬鈴薯)

四・〇一%

第四期糞(アスパラジン五%添加)

三・八六%

第五期糞(アスパラジン一〇%添加)

四・四一%

第六期糞(アスパラジン酸五%添加)

三・三二%

即ち消化率の高きもの程窒素含量多くこれを総て消化液に由来するものとなすを得ず、何故なれば通常消化の困難なるもの程消化液の分泌多しと云ふ事實に反し、且つアミノ酸の添加量の増加に伴ふて糞の窒素含量の増加する事よりして、如何にしても添加せるアミノ酸の窒

素に由来するものとなす可きなり、これ著者の主張する如くアミノ酸の一部は消化吸収せられずして細菌の爲めに分解せられ体外に排泄せらるるなり。

結 論

以上述べし試験に於て試料として用ひたる窒素化合物の種類僅少なるを以て、確然たる結論を下す能はず、尙ほ今後の研究に待つ可き處多々あらんも大体次の如き結論を下し得可し。

- 一、食物より分別せし澱粉の消化率は原食物に存在せし時よりも低下す。
- 一、その低下の原因は澱粉の消食器内の細菌の爲め分解せられて酸を遊離し腸内酵素の作用を妨ぐるにあり。
- 一、アスバラジンの如く窒素化合物添加により澱粉の消化を増進せしむるは、消食器内細菌の作用により、分解生産せられたるアムモニヤを以て前記澱粉分解生産物たる酸を中和するにあり。
- 一、窒素化合物の添加量増加するに従ひて澱粉の消化も亦増進すれど比例せずして初め大にして漸減す。
- 一、アスバラジンの如きモノアミノよりアスバラジンの如きデアミノ体のものは澱粉消化増進の効大なり。

本文を草するに際し校長吉村清尙博士の御親切なる御助言に對し深謝す。

鹿兒島高等農林學校農藝化學教室に於て