第4回 栄養・食糧學會總會

特 別 講 演

食蛋白缺乏に對する人體の抵抗

On the resistance of a living body in protein deficiency

吉 村 諱 人

Hisahito Yoshimura

(1) 實驗的に人體に就て食蛋白量(養價は充分に與う)を減少せしむる時は貧血、血漿蛋白の減少等の低蛋白血症の像が著明となり、浮腫、尿ウロビリノーゲンの發現、性慾の減退等の外、之が長期に亘る時は體重減少、基礎代謝の低下、徐脈等が現れる。(神經痛の表われる場合もあつた。)尿に排泄せられる窒素量は食蛋白減少と共に漸次減少して之に適應せんとするが、食蛋白が30g(植物性)(0.6g/kg)以上ならば1ヵ月迄に腸より吸収する窒素量と零出納を保つに到るけれども、それ(0.5g/kg)以下の食蛋白量に於ては容易に平衡に達せず、負出納に終始する。上記の食蛋白減少に基く諸種の生理機能衰退の徴候は主としてこの體蛋白の喪失に基因するものと思われる。

(2) ここに特に注目せられる事は、active protoplasmic mass に比例すると言われる基礎代謝量が窒素の負出納が存在しても容易に低下せず、これが長期に亘つて始めて衰微の傾向を持つて來る事である。従つて體蛋白の内には基礎代謝に關係無き蛋白と、これに直ちに影響する蛋白の二種類を考える事が可能である。前者は Folin 學派の唱うる貯藏蛋白に、後者は固定蛋白に相當するものと思われ、この事は又基礎代謝量の低下に伴つてクレアチニン排泄量の減少する事よりも裏付けられる。

(3) 貯藏蛋白は Whipple 等によつて主として肝臓にあり、血漿蛋白も亦その一つであるとせられているが、著者は低蛋白食に際して血色素が特に顯著に減少し、血漿蛋白量と共に食蛋白減少の度に應じてその減少の度を異にする事、又兩者共に基礎代謝に直接關係しない事等より、血液蛋白は總て貯藏蛋白として働くものと考えた。そこでこの考えを更に確める爲に輸血を行つてその蛋白の行方を檢したるに、健康なる被檢者に就ては輸血3日目頃より、尿窒素排泄量が増加して數日にして殆ど全部分解排泄せられるに拘らず、低蛋白食によつて貯藏蛋白を減じたる被檢者は完全に之を血液蛋白再生に利用し、あまつさえ尿排泄窒素量は反つて減少して、食蛋白の利用率を向上せしむる事を知つた。又激しき勞働鍛鍊を行う場合には血色素の著明な減少が起るが、尿窒素排泄量は増加せず、分解せる血色素は筋の肥大に利用せられたものと思われる。これ等の事より血色素は限局せられた意味に於て一種の貯藏蛋白として働き得るものと思われる。

(4) 前記の如く食蛋白缺乏に際して第一に喪失する體蛋白は貯藏蛋白であるが、負出納により過剰排泄せられる尿窒素量より、ここに喪失する貯藏蛋白量を算出すると、これは正常の生活を營める成人男子(體重50kg附近)に於ては、2週間當りN量にして18~22g附近である。豫め食蛋白を豊富に與えて貯藏蛋白を充足せる者に於ては低蛋白食による喪失量は(その直前の食質は前記と同一條件に保つても)大であり、又夏期の如き淡白なる食質に慣れたものは喪失量も減少する。従つてこの喪失量は貯藏蛋白保有量を推定する1の尺度となり得るものと考えられる。

(5) 斯様にして算出した貯藏蛋白の消耗量と血液蛋白の減少量とを比較するに、普通の生活を行へる者に於ては後者は前者の大部分を占め(約88%の例あり)ている。併し豫めカゼインの如き良質蛋白

を過剰に負荷して貯蔵蛋白を充足せる場合には、同じ低蛋白食によつても血液蛋白は容易に減少せず、全喪失體蛋白の約 14~34% に過ぎぬ。従つて血液蛋白は貯蔵蛋白の内で極めて重要な位置を占めているが、比較的安全なものであつて、或程度肝臓等の貯蔵蛋白のプールが減少を始めて後に減少するものであろう。

(6) 食蛋白を過剰に附加(普通はカゼイン蛋白 50g を標準蛋白量 75g に附加している)するとこれは體内に蓄積し、一定度蓄積して始めて窒素出納零の状態に達する。斯様に蛋白蓄積が増した場合に、血液蛋白は速に正常位にかえるが殆んど正常範圍以上に達することは無い。又基礎代謝量も貯蔵蛋白が或程度充足せられて後に始めて上昇をはじめ。従つてここに蓄積せられた蛋白は先ず貯蔵蛋白を充足し、その後活動性原形質増加に役立つものであろう。

(7) 斯様にして蓄積する蛋白量の總計を算出する時は、この量は過剰蛋白負荷前の食習慣に關係する。併し之はその直前の食事にも關係するが、それのみではなく、それ以前の長期に亘る蛋白攝取量の大小に關するものであつて、貯蔵蛋白保有量に關するものであろう。従つてこの蛋白飽和に到る迄の蛋白蓄積量を以て貯蔵蛋白量を或程度推量する事が可能である。又一方以上の事實 (4), (5), (6), (7), は或程度蛋白の「食いだめ」が利く事を示すものである。

(8) 以上の如く、豫め高蛋白食によつて貯蔵蛋白量を豊富となしたる家兎と、低蛋白食によつてこれを減少せしめたる家兎に就て、その背部皮膚を約 30~80cm² 切除し、且手術後は兩者共に一定の低蛋白食にて飼育して、その創傷の治癒の狀況、血液性狀の變化を比較した。生體は創傷を加えられる事により體蛋白の過剰分解を來し、一時貧血、血漿蛋白減少の像が表れるが、貯蔵蛋白豊富なるものは速に低蛋白血像が正常に回復し且創傷の治療も貯蔵蛋白少きものに比し速かである。

(9) 以上の事より貯蔵蛋白は食蛋白缺乏に際して一時その代用となつて活動性原形質の蛋白代謝を保ち、或は體内の重要な諸臓器の再生に役立つものであつて、食蛋白と重要組織蛋白との間に介在してその栄養の緩衝地帯をなすものと思われる。而してこの貯蔵蛋白は Rittenberg の證明せし如く、新陳代謝の極めて激しい蛋白であつて、所謂窒素の metabolic pool の給源をなすものである。従つて人體の食蛋白缺乏に對する抵抗力は大いにこの貯蔵蛋白の保有量に關すると言ひ得る。而して血液蛋白も亦その重要なメンバーの一つであつて、貧血、血漿蛋白の減少は貯蔵蛋白減少の良き示標となる。そこで著者は少くとも血液性狀を正常位に保つ程度に貯蔵蛋白を保有する事は健康を保つに必須なる生活條件であると考え、一般市民に就てその習慣食の蛋白量と血液性狀との關係を精査したる結果、1日 1~1.2g/kg より以上の蛋白攝取によつて血液蛋白量を正常に保ち得る事を見た。この價は Rittenberg の求めたる全體蛋白の日日の合成量に該當するものである。従つて著者は人類が地球上の食環境下に健康な生活を保つ爲には少くともこの程度の蛋白をとる必要があると考えている。この價は、衆知の如く人類の食習慣として普通にとつてゐる蛋白標準量に該當したものであつて、從來は蛋白必需量を窒素出納法より求め、それに安全率 100% を乗じてこの標準蛋白量を求めたのであつたが、その安全率とは實は體內貯蔵蛋白に關した安全率である事が明かとなつた譯である。

(10) 食蛋白缺乏に對する抵抗力を増強する爲には食蛋白を豊富に與えて貯蔵蛋白量を増加せしむる事の他に、體蛋白の異化並に同化機轉を調節する事も亦必要な事である。即ち炎症又は手術等の損傷を加える時は、體蛋白の異化機轉が高まり貯蔵蛋白の過剰消失が起つてその抵抗力を減ずる事が觀察せられる。一方勞働鍛鍊等により筋の新陳代謝の充進が起る時は蛋白の同化機轉の充進が認められる。斯様な代謝機轉を左右する體內要因に關しては著者の實驗成績は未だ不充分であるが、併し此等の要因の探求はやがて食蛋白缺乏に對する抵抗力増強の方策に有力なる指針を與え得るものと信じている。

(京都府立醫大)

牛乳脂肪の乳化に就て

On the Emulsification of milk fat

西 澤 義 人

Yoshihito Nishizawa

脂肪は乳幼児の發育には絶對的に必要であるが屢々脂肪の經口投與が不可能な場合に遭遇する。その際是非とも非經口的に脂肪を投與することが望ましいのであるが此方面の研究は遅れてゐる。脂肪を非經口的に用ゐることを企圖したのは1890年頃からであるが吸収の點で難色があり餘り應用されなかつた。

靜脈に脂肪を用いたのは東北の山川教授が最初で卵黃のレシチンを乳化安定劑として油脂の微細な乳化液の作製に成功して靜脈内に注射して障碍なく榮養上にも一定の効果のあることを報告したその後アメリカに於ても多くの追試者が出たが何れも乳化の安定性に不安があり2週間以上は危險が伴うと云つてゐる。此等諸氏の使用した脂肪は、鰵肝油とバター、オリーブ油、椰子油、大豆油、バター、又は人體の脂肪等である。脂肪の種類と榮養價に就ては報告が多く經口的に與えた場合には消化吸収利用の點が差異はあるらしいが非經口的には油脂の種類による差は認め難いと云つてゐる。

余等は特殊の目的から牛乳の脂肪を使用した。乳化方法として私等は超音波を用いた。山川氏等の「ホモゲナイザー」では油脂の乳化は出来ても安定性がない。超音波は Wood 及 Loomis 以來使用してゐるが餘りよい結果を得て居ない、最近 Geyer もその點を論じて超音波の、Cavitation に材料が充分接觸しないためであると説いてゐるがこれは間違いであり、雄山教授及び笠原先生等の研究では此氣泡の發生の最大なときは酸化作用の最も強いときでこれより強度の大なる時は液面の噴出が生じ氣泡の發生も止み酸化作用は減退するが機械的作用は氣泡の發生に無關係に強度と共に増すことが判つたのである。従つて乳球の微粒化には超音波のこの作用を利用せねばならないで酸化作用を強く働かせることは脂肪の變性を來す等である。次ぎに分散劑の問題であるが Holt 等は石鹼、膽汁液「コレステロール」等を用いて試みてゐる。余等も5%葡萄糖液、生理的食鹽水、1%グリコル及び0.5~1%ゲラチン等を用いて實驗したが此中では5%の葡萄糖が一番成績がよい。然し72時間後には試験管壁に附着して來る。結局山川氏法と同様にレシチン以外に適當な安定劑は見當らない。

脂肪とレシチンの比率も人々により意見が異うが余等の成績では1.5~2對1の間では同様の結果が得られた。脂肪を混じる液は水より5%の葡萄糖がよいと思う、それは葡萄糖自身が分散劑として適當であるのみならず糖は抗ケトン性物質と考えられるからである。

以上の理由から牛乳脂肪を5%の割合に5%葡萄糖液にレシチン2.5%と共に混合し45分間超音波をかけて1M以下の乳化液を得た此時の乳液のpHは4.2なので血液pHに接近させるため7~7.2と補正した。これを滅菌アンプルに入れ60度30分で2回滅菌して保存したが3ヵ月後にも何等の變化は見られなかつた。

皮下、筋肉内に注射して吸収試験を行つたが24時間、72時間目に剖見した結果吸収は良好である。

次ぎに靜脈内に注射して血球數、血色素網狀細胞、白血球等を時間的に検査した。

先人の報告では最初白血球の増加を認め續いて淋巴球の増加を認めて居るが余等の成績では時間的な「ずれ」は見られなかつた、白血球及び淋巴球の増加と脂肪の移動吸収等に特殊の結びつきを考える向きもあるが此等の増加は一時的現象で本質的なものではないと考える。同じ條件で血壓及び呼吸を検した。呼吸には變化はないが血壓は一時的下降がある。

これは同量のレシチン單獨でも現われるので「レシチン」の影響と思う。レシチンの不純な場合は副

作用があるので Geyer 等の報告でも レンチン を更に精製することによつて肺の Graunloma 状の傷害はなくなつたと云つてゐる。

動物實驗には犬を用いた、幼若犬を用い比較的脂肪缺乏食を與え一方には乳化液を10坲ずつ隔日に筋肉注射した。兎は脂肪試験には不適當であり、犬の靜脈注射は困難なため止むを得ず筋肉注射したものである。

6 週間後には兩者の間に元氣、毛髮の光澤、體重とも格段の相違が見られる。

注射を中止後同一食餌で経過を見たが注射例には變化なく對照は衰弱の一路を辿り疲癆病を起して死亡した。

臨床應用には今少し基礎實驗が不足であると思う。

(大阪大學醫學部)

練粉乳の製造法と品質

The manufacturing processes and Quality
of Condensed milk and milk powder

津 郷 友 吉

Tomokichi Tsugo

本講演は粉乳及び練乳(主として無糖練乳)の製造法と製品の品質並に食品的價値を化學的に論ずることを目的とする。

I. 加熱による牛乳の變化

乳製品を製造する場合何れにも共通した處理法は加熱であつて、牛乳の加熱による成分の變化は牛乳加工上極めて重要である。加熱による牛乳の變化を化學的試験によつて簡単に示した實驗成績によれば次表の如くである。

表において一旦酸度が低下するのは牛乳中の炭酸ガスが消失することにより、高温において酸度の上昇するのは主として乳糖が分解して酸(乳酸、醋酸)を生ずるによる。フオルモル滴定値の變化はカゼイン分子

加熱の程度	酸度 (cc)	フオルモル滴定値 (cc)	ペプシンによる消化性窒素の割合
生乳	1.72	1.61	94.0
60°C, 30分	1.72	1.61	94.4
80°C, 30分	1.68	1.85	96.1
100°C, 30分	1.80	2.08	96.3
120°C, 30分	2.04	2.24	98.2

中のカルボキシル基と結合したカルシウムが酸の水素イオンに置換されるか、または遊離カルボキシル基が増加するためと考えられる。ペプシンによる消化性窒素の割合は大となり加熱によつて牛乳蛋白質がペプシンにより作用され易くなつてゐることを示す。

牛乳の加熱溫度を上げていくと、正常牛乳であれば一般に約 140°C になつて始めて凝固を生ずる。この牛乳の凝固溫度に最も影響する條件は牛乳の pH (又は酸度) であつて、その間の關係は特有の凝固曲線を示し、牛乳は2つの pH の範圍即ち pH 6.4~6.2 及び 5.4~5.2 の所にて pH の變化に對し非常に鋭敏である。しかして最も安定な領域は pH 6.5 前後であつて、最高凝固溫度は 152°C 以上であるという。

1. 蛋白質の變化 牛乳を加熱すると外觀上皮膚の生成、褐色化特殊風味(加熱臭)の發生、粘度の上昇及び凝固等の現象が現われる。これらの變化は何れも多少とも蛋白質の物理的及び化學的變化に關係するものである。また加熱による牛乳蛋白質の變化は粉乳の溶解度、保存性、色調或は練乳の凝固

等乳製品の品質に影響することが極めて著しい。

加熱温度が 63°C 以下であれば牛乳の蛋白質には殆んど影響はない。63°C 以上になるとアルブミンとグロブリンが凝固し始める。牛乳を 63, 70 及び 80°C に 30 分間加熱するとアルブミンとグロブリンは合計で夫々 10.4, 28.0 及び 83.4% が凝固し、80°C に 60 分、90°C に 30 分、95°C にて 15 分及び 100°C にて 10 分間の加熱によつて 100% 変化し凝固性となる。但しこの凝固は牛乳そのものでは外観上は見えない。次に 100°C までの温度においては非蛋白態窒素に変化はない。115, 120°C に加熱すればアルブミン+グロブリンは完全に變質凝固し、更に蛋白質がかなり加水分解してプロテオース及び非蛋白態窒素が増加し、115 及び 120°C に 30 分加熱すればプロテオースは生乳よりも夫々 20 及び 37% 大となり、非蛋白態窒素は夫々 22 及び 33 % 増加する。かくして 140°C 以上になれば外観上にも牛乳が凝固するのはカゼインが全く變質凝固性となるによる。

加熱による牛乳カゼインの變化は少くとも 100°C 以下においては化學的分析値に現われる數値は極めて僅かであるが、カゼインの物理的性質は著しい影響を蒙る。先ず酸によつて生ずるカゼインの凝固物即ちカードの水分を測定した成績によれば牛乳の加熱温度が高いほど水分含量が大となる。次に牛乳を加熱するとレンネットに對して凝固しにくくなり凝固時間が長くなる。即ち實驗の成績によれば 30 分間の加熱時間において、60°C の場合には凝固時間が僅かに長くなるに過ぎないが、70°C 以上になると影響が大になり凝固時間が牛乳に比べて 70°C では約 2 倍、80°C では約 4 倍、90°C では約 6 倍、100°C では 6 倍以上となる。これらの加熱乳に鹽化カルシウムを加えると凝固時間を回復し、鹽化カルシウム 2% 溶液の添加量が 60°C では 0.1cc、70°C では 0.2cc、80°C 及び 90°C では 0.3cc、100°C では 0.4cc (何れも牛乳 10cc に對する量) にて生乳の凝固時間と同程度となる。

加熱乳の蛋白質がペプシンにより消化され易い形となつていることは前述の通りである。牛乳の凝固物即ちカードの硬さをカード張力 (Curd tension) として表わし、加熱處理がカード張力に對する影響を實驗した成績によれば 63°C、30 分間の低温殺菌は殆んど關係がない。71°C、30 分間の加熱は瞬間殺菌と殆んど同様に明らかにカード張力を低下せしめる。82°C、30 分間又は煮沸 5 分間處理はカード張力を著しく減少せしめ明らかに Soft curd とする。かくしてカード張力 50~60g のものが 30g 以下となる。100°C 以上の加熱乳或は無糖練乳では一層影響大となりカード張力が D となる場合が多い。Soft curd milk の消化性については多數の研究が行われ、ペプシンによる實驗例の外にトリプシンによつても煮沸乳或は無糖練乳は消化され易いことが認められている。最近カード張力の代りに Curd number によつてカードの性質を示す方法が提案された。これはカード粒子の分布によつて表わす方法であつて、この數値が大きい程カード粒子が細かく、従つてカードが軟かいことを示す。

2. ビタミンの變化 牛乳を加熱する場合そのビタミン A は強い酸化作用を伴わない限り殆んど變化しない。またビタミン B₂ は直射日光にさらされるか、アルカリ性にならない限り殆んど變化しない。ビタミン D は A よりも一層安定である。ビタミン B₁ 及び C の牛乳加熱の際における損失割合について主な研究成績によれば次の如くである。

ビタミン B₁ の損失割合

低温殺菌 (62~63°C、30分) 10%, 20%

滅菌 (120°Cまでの加熱) 1/3, 50%

ビタミン C の損失割合

低温殺菌 20%, 20~30%, 25%, 57%

滅菌 30%, 43%

95°C、20分 60%

73~80°C、瞬間 12%

ビタミン C は加熱の外に光線、銅汚染、酸素 (空氣中) 及び貯藏による損失が著しい。

3. 酸素に對する影響 加熱による牛乳酵素の變化は乳製品の品質 (風味) に著しい影響を與える。

特にリパーゼ及びパーオキシダーゼは重要である。またフォスファターゼは低温殺菌、パーオキシダーゼは 80°C 以上加熱の鑑定に應用される。

II. 粉乳の製造法と品質

粉乳の品質のうち最も重要なことはその溶解度と保存性（特に風味に關して）であり、これは最も影響を及ぼす製造操作は荒煮處理（Forewarming or preheating）である。

1. 粉乳の溶解度 粉乳は溫湯又は水に溶かしたときもとの牛乳と同じような乳化状態になることを必要とする。荒煮は製品の溶解度を損じないことから 71°C 以下がよく、63°C、30 分間の低温殺菌法ならば安全であるが、71°C 以下の温度ではリパーゼが残つて製品の保存中に脂肪變質臭を生じ易いので實用上 70~75°C の荒煮温度が用いられている。しかし牛乳のリパーゼを完全に破壊するには少なくとも 78°C 以上に加熱することを要するので、粉乳の溶解度と風味に關する保存性の両面から見て煮荒温度はなお検討を要する問題である。

濃縮は比較的低温（50~60°C）で行われるから溶解度その他に及ぼす影響は普通はない。次に乾燥については近代の進歩した噴霧乾燥装置によれば乾燥の間に牛乳が受ける温度は比較的低温荒煮温度の範囲内にあるものと考えてよい。粉乳の不溶解になる本體は牛乳蛋白質であつて、乾燥の間に蛋白質は普通の化學分析によつて認められる程の變化は受けない。しかしカゼインの物理的性質についてはある程度の變化を蒙る。實驗の成績によれば粉乳をもとの牛乳と同一濃度にしたもののレンネットによる凝固性は單に加熱した牛乳に比べて鹽化カルシウムに對する反應及び凝固物の性量において異なり、凝固物の性質が一層消化され易い形になることが認められた。

粉乳の水分と溶解度、粉乳の水分は 5% 以下ならば保存中に溶解度の低下することは極めて僅かであるが、できれば 3% 以下の方が一層安全である。但し 20°C 以下に貯藏すれば水分 2% と 5% の粉乳の溶解度には殆んど差異は認められないという。

2. 粉乳の保存性 酵素作用による變質。風味に關する保存性と製造法との關係について最近の研究によれば荒煮温度 77°C（30分）及び 82°C（10分）にて處理したものは保存中風味の變化は少ないが、71°C、30分 荒煮したものでは速かに變質し、77°C、10 分 處理ではなお粉乳の保存性に効果はない。又 88°C の高温荒煮法によつても短時間ならば溶解度は僅か低下するが、風味に關しては保存性がよくなる。

自己酸化による變質。粉乳貯藏中に起る大きな缺點は脂肪の酸化による變質臭の發生である。これを防止するために真空充填、ガス充填等が行われるが未だ充分な効果はない。酸化防止劑としては Ethyl-gallate, Nordihydro-guaiaretic acid, cis-Isosafrocugenol 等が粉乳に對して有効であるという研究成績はあるが、現状ではこれらの藥劑は食品衛生上使用できない。高温荒煮法による粉乳の保存性がよいのは酵素作用の破壊の外に Sulthydryl 基を有する還元性物質が生じて、これが抗酸化性を現わすという考え方もある。

米國製還元乳（Recombined milk）は全乳を脱脂粉乳と乳脂肪（脂肪 99.9% としたものでこれを Dry milk fat という）に加工して保存用形態とし、遠隔の地において溶解、混合、乳化、殺菌して飲用に供するものである。甚だ面倒なようではあるが、現在の所この方法が粉乳の脂肪酸化による風味の惡化を防止して永く保存するには最も有効であらう。

粉乳の褐色化。粉乳を保存する間に褐色化することがある。この原因は最近の研究によれば牛乳蛋白質の遊離アミノ基主としてリジンのアミノ基と還元糖のアルデヒド基との反應によつて生成される複合物によるという。但し粉乳の褐色化は室温に保存する場合水分が 4~5% 以下ならば起らない。

III. 無糖練乳の製造法と品質

無糖練乳の製造上最も重要なことは濃縮乳の耐熱性の問題である。前述の如く牛乳は 140°C 以上に加熱したとき始めてカゼインが凝固するが、濃縮乳（約 1/2）においては凝固温度が 120°C 位に低下する。よつて滅菌操作（115~118°C、15~20分）の間に凝固を生じないか、或は凝固を生じて極めて輕度であつて、次の振盪工程によつて消失する程度であることが必要である。この求めに必要な第 1 の條

件は原料牛乳が正常新鮮であつて、乳酸を生じていないことである。近時乳酸の生じた牛乳をイオン交換樹脂（陰イオン用）處理によつて耐熱性を高めることが研究されている。第2の條件は ash balance といつて特にカルシウムと磷の割合が一定の範囲内にあることを要する。一般に牛乳は ash balance から見てカルシウムがやや過剰の場合が多い。よつてこの場合には磷酸鹽を添加することによつて牛乳の耐熱性を高めることができる。更にまたイオン交換樹脂（陽イオン用）處理によつて過剰のカルシウムを除いてその目的を達することも考えられる。第3の條件は荒煮處理である。無糖練乳製造上荒煮温度は 95°C が最も適當とされ、現在實用されている。最近の研究によれば高温短時間處理（120~140°C に 25 秒）によつて濃縮乳の耐熱性を一層高めることができるという。

無糖練乳の品質としての特徴は水溶性ビタミンは粉乳に比べて少ないが、カード張力が 0 に近く蛋白質が極めて消化され易い形になつてゐることである。

Ⅳ. 粉乳及び練乳の食品的價值

化學的分析値から見た粉乳及び練乳の食品的價值についてこれまでの多數の成績を總括してその標準値を作成した。それらの値を牛乳と比較して示すと次の如くなる。

成 分	粉 乳	加糖粉乳	無糖練乳	加糖練乳	市 乳	牛 乳
カ ロ リ	499	482	138	330	58	58
水 分 %	2.5	2.5	73.9	26.2	88.7	88.7
蛋 白 質 %	25.9	22.1	6.8	8.4	3.0	3.0
脂 肪 %	26.5	22.5	8.0	8.5	3.1	3.1
乳 糖 %	39.1	33.0	9.7	12.2	4.5	4.5
蔗 糖 %	—	14.8	—	42.8	—	—
灰 分 %	6.0	5.1	1.6	1.9	0.7	0.7
カルシウム Ca %	0.89	0.76	0.27	0.30	0.10	0.10
磷 P %	0.73	0.62	0.21	0.24	0.09	0.09
鐵 Fe %	1.0	0.9	0.2	0.3	0.1	0.1
ビタミン A IU/100g	700	600	190	220	80	80
ビタミン B ₁ mg%	0.25	0.20	0.06	0.08	0.03	0.04
ビタミン B ₂ mg%	1.30	1.10	0.35	0.40	0.15	0.15
ビタミン C mg%	5	4	1.2	2	0.5	2.0
備 考	全脂粉乳	15% 加糖粉乳		全脂加糖練乳	低温殺菌乳	新鮮生乳

（東京大學農學部）

植物體に於けるビタミンB₁及びCの生成機構と其の活用

On the producing mechanism of B₁ and C in plant and their practical Use

満 田 久 輝

Hisateru Mitsuda

動物が個體維持の爲且又種屬發展の爲あらゆる努力を惜まず生理作用を續けんとするのと全く同様に植物も又その族系維持の爲日夜最善の努力を拂つて居るのである。

然るに人間は兎角自己中心に物事を考えるが故に植物自身の立場にたつて思考をめぐらさず、ただ植物體を人類の爲に利用する事のみ考へて居る。ビタミンが A 人間の夜盲症を治療する特効のあるのを知つて蟹、鮎に感謝する人はあつても海藻類に迄感謝する人は少ない。

しかして太陽光線を利用してビタミン A を最初に創生するのはこの可憐な藻類である。かかる意味に於ても根本に遡つて我々人間の生理現象を明らかにする爲にも植物の生化學的研究を更に進めねばならないと思う。然るに植物學者と化學者との間には互に譲り合つている分野が相當に存在している。この點動物に關しては動物學者と化學者との間に基礎醫學者が存在し動物生化學の研究も大いに進められて居る。

演者が1937年植物體に於けるビタミン C の役割に關する研究を始めたのも動物生化學に於ける基礎醫學者の努力を植物に就いて果さんとの微意に發したものである。地球上の凡ゆる生物は直接間接に植物による光合成の產物を利用して居るのであつて、この重要な光合成に於けるビタミン並に酵素類の果たす役割こそは實に興味深い問題と考え爾來研究を續けている次第である。例えばビタミン B₁ 及び C が如何にして植物體に於て生成せられるかその存在意義は如何なるものであるかを植物自體の立場に於いて解明し而る後その間收得した諸種の性質を活用してひいては人、類に貢獻せんと努力している次第である。

先ず最初に定量法に就いてであるが生體組織中のビタミンを正確に定量するには第一に完全に且安全にビタミンを抽出する事が肝要である。B₁ の定量殊にその形態を明らかにするには、綠葉の如き Phosphatase の多い試料に就いては殊に抽出條件に留意すべきである。0.1% 醋酸にて抽出し 100°C 近い熱水中にて速かに抽出液温を 80°C 以上にして Phosphatase を不活性化して眞の遊離型 B₁ を定量すべきである。次にビタミン C の定量法につき一言する。酸化還元色素 2:6 dichlorophenol-indophenol 液の一定量中に速かに酸性 Ascorbin 酸液を滴加し褪色點を定めその消費量より Ascorbin 酸量を求める Indophenol 滴定法が現今最も代表的なビタミン C 定量法として一般に廣く普及せられて居る。1930 年 J. Tillmans により創案せられたこの定量法は 1935 年藤田氏のメタ燐抽出ならびに除蛋白法の提唱により一段確實性を増したが、當時有色試料の還元型 C の定量は不可能とせられて居た。

演者は酸性白土の少量を用いる事により C を吸着破壊する事なく色素類を簡単に且完全に除去し得る事を見出した。又場合によつては滴定の終點に近づいた時エーテル又は Butanol の少量を加えて振盪し殘存せる Indorphenol をエーテル又は butanol 層に移行せしめ滴定の完否を知る方法も有効であると報告した。(1938年)。しかして Indophenol 法の最大の缺點は Indophenol 水溶液が極めて不安定であり常に新しく調製しなければならない點が煩しく且不正確である。この弱點の爲に滴定の仕方により可なり滴定値が動搖するのである。演者はこの最大の缺點を改めるべく種々實驗を重ねた結果、1941年來屢々 Indsphenol-butanol 法を提唱して居るのである。Indophenol を Butanol に溶解すれば長期間(4ヶ月以上)安定である事を見出したので、之を母液として之に ethanol を加えるか又は蒸溜水を加えて water saturated with butanol solution として滴定すれば滴定も容易であり酸による自己褪色も從來の水溶液に比し極めて少い事實も見出した。更に色素液の調製法を詳細に述べると、500mg の Indophenol を 100cc の butanol に溶解せしめ約 N/50 Indophenol butanol 溶液を調製し之を冷暗所に貯藏する。この母液 5cc に butanol 45 cc, ethanol 50cc を加える時約 N/1000 I. B. E. (1:1) が調製される。本色素も母液と同様冷暗所に貯藏する時は4ヶ月以上安定である。又母液(N/50 I. B.) 5cc に蒸溜水 95cc を加えた N/1000 I. B. W. は貯藏は I. B. E. に劣るが Fig. 1 に示す如くビタミン C の濃度(mg%)と滴定値の逆数が零點を通る直線關係($C = k \cdot \frac{1}{t} = k \cdot T$)にあり、滴定時間の影響もなく冷暗所に貯藏すれば2週間以上安定である故に Fig. 1 の如き標準滴定直線を描いておけば滴定値の逆数より直ちに試料中の C の濃度を知り得る。I. B. E. に就いては抽出液中のビタミン C の濃度を一定の範圍例えば 10~20mg% に適合せしめた方がより正確な値が得られ

Fig. 1

第1表 受光量のビタミンC及びカタラーゼ活性度に及ぼす影響

小 麥				南 瓜					
		ビタミンC (mg%)	カタラーゼ活性度 f			ビタミンC (mg%)	カタラーゼ活性度 f		
		総量	還元型			総量	還元型		
A		96.6	621	820	A		110.0	82.6	433
E		75.6	503	514	B		106.8	51.5	257
C		170.9	1030	1032	C		163.3	35.4	406
D		125.3	828	683	D		160.9	15.0	288

(B及びDは一日間黒紙にて受光と遮断す)

第2表 茶のビタミンC

種 類	ビタミン C (mg%)			抽 出 條 件				ビタミンC利用率 (%)	
	總 量	還元型	酸化型	試 量 g	液 量 cc	溫 度 °C	時 間 分	第1回抽出	第2回抽出
玉 露	84.4	60.2	24.2	3	100	60°	5	49.2	30.6
抹 茶	154.2	133.3	20.9	1	50	熱水を加えて1分間茶筌にて攪拌		97.7	—
煎 茶	334.4	260.7	73.7	3	100	100°	1	53.1	31.1
川 柳	281.4	189.0	92.4	3	100	100°	3	54.1	24.0
紅 茶	trace	tarce	trace	—	—	—	—	—	—

る事と滴定時間を標準ビタミン C にて検定する場合と自然物中の C を定量する場合と殆ど同一例えば 1.5~2 分間にする事が望ましい。I. B. E. 並に I. B. W. の各々の特長を利用すれば従来の諸種の缺點は全く除去せられる。以上の改良法を用いて植物界殊に緑葉並に花のを定量した結果、柑橘類の十数倍の C を含有する資源を幾多見出した。次に受光量とビタミン C との関係を果實並に緑葉につき説明し (第1表参照) 更に一日中のCの消長を明らかにし緑葉素と Catalase とビタミン C の相關關係につき詳述した。又植物の成育期による C 量の消長、發芽に於ける C を葉緑素の生成にも論及したかくして煎茶及び川柳が玉露及び抹茶に比し C 含量が多である理由を受光量の差に基因するものであると説明した。

次にビタミン C は酸化に極めて不安定であるが熱には決して弱いものではない事を幾多の實驗例を以て説明しこの點より緑茶と紅茶の C 量の大きなひらきを説明した。即ち玉露及び抹茶は日光の直射を防いだ露下茶を原料とする爲原料そのものの C 量が煎茶、川柳に比し著しく少い事に原因し、紅茶に C が皆無であるのは原料の生茶葉に存在したが蒸熱操作をうけない爲 Ascorbic acid oxydase により酸化分解せられたのである。第2表の茶のビタミン C 利用率についての實驗結果からも C の耐熱性の高い事が伺われる。茶はビタミン B₁ 並に C が豊富である點及びアルカリ性食品として Acidosis を豫防出来る點からも嗜好品というよりむしろ必需乾燥野菜と申した方が適當かと考える。

さてビタミン B₁ の食糧資源としては禾穀類が重要な役割を占め就中水稻は日本に於ける食糧資源が含む總量の 58% 以上を年々生産するのであつて1粒の稲が播種されるとそれは秋には 500~700 倍の B₁ を生産する事になる。

然らば禾穀類植物は如何にして B_1 を合成するのであろうか、分蘖、穂孕、出穂、開花、乳熟、黄熟、完熟、枯熟の各期に亘り水稻の葉部、穂部、莖部の B_1 を定量した結果 1947, 1948 の兩年を通じて葉の B_1 は 9 月下旬~10月上旬(乳熟、黄熟期)に最高に達し而もその形態は結合型 B_1 が總 B_1 の $2/3$ を占めていることを知つた。之に對し穂の B_1 は成育の進むにつれて増加の一路を辿り、その形態は殆ど遊離型である事を實證した。次に水稻葉部の B_1 合成能に關する間接的證明として正常成育中の水稻を2群に分ち試験區は人工的に穂頭を切除し、日數の経過に伴う葉部、莖部の B_1 の消長を實測した。その結果穂頭切除後 1 週間に於ける B_1 の消長は對照區に比し葉部が 27%, 莖部が 37% の増加を示していた。之は葉に於て合成せられた B_1 が穂頭切除により穂に移行されず葉及び莖に蓄積せられた結果であり、その葉に於ける B_1 の形態は試験當初 遊離型/總量 $\times 100=27.7$ であつたものが 1 週間後には 56.9 となり葉の B_1 が穂の B_1 の形態になりつつあつたものと考え。次に直接證明法として B_1 の前驅物質に水稻葉の粗酵素液を加えて B_1 合成態を検した。即ちピリミジン核としては 2-methyl-4-amino-5-aminomethyl pyrimidine の鹽酸鹽を、チアゾール核としては 4-methyl-5- β -oxyethyl thiazole を用い種々の條件下で實驗した結果稻の水抽出液のみにては B_1 の合成能は認められないが Cysteine を添加すれば明らかに B_1 が合成せられることを見出した。そこで或は Redox potential を negative にする物質、例えば還元型ビタミン C_1 還元型 Glutathione, Cysteine 等の存在が B_1 の合成の必需條件かと考え實驗した處豫想の如く水稻は勿論大麥の葉についても實證する事を得た。又 disulfide 型 B_1 に基因するものでなく明らかに Pyrimidine と Thiazole から合成される事をも實證した。之は生體内に於ける Redox potential が酵素反應に重要な役割を果すことを證明した實驗であると共にビタミン C_1 , Glutathione, Cysteine の生化學的意義の重要性を實證した一例であると信ずる。

かくして合成蓄積せられた B_1 は果して活用せられているか甚だ疑問である。

「脚氣にならぬ白米」之は恩師近藤金助教授の 20 年前よりの念願であり折にふれこの問題の解決に努力せられたのである。演者は終戦後この問題に興味を持ち近藤教授の御指導の下岩井和夫學士福田隆君等の協力を得て獨特な所謂 酸-Parboiled rice (B_1 -rice) を創製し、 B_1 の移行の理論的検討を行うと共に従来の 水-Parboiled rice に比し遙かに美味にして B_1 含量に富み脂肪、蛋白質、無機物を備えた榮養白米を調製し得た。Acid soaking を特徴とする演者等の創製した B_1 -rice は水洗炊飯による B_1 の損失極めて少く且防蟲性を有する白米である。而して B_1 含量が著しく増加するのは、Parboiling により胚宮 (Scutellum) が膠着し精白操作により剝離されにくくなる外、ビタミンが胚乳部へ滲透する事に原因する事を指摘した。この事實を應用して更に強化 B_1 -rice (Enriched B_1 -rice) の創製に成功した。即ち浸漬剤 1% 醋酸にビタミン B_1 を添加し、100mg% ビタミン B_1 の醋酸溶液となし、之に玄米を浸漬し 38°C に 24 時間保ち後乾、燥蒸、乾、燥精白を行い 400/g の B_1 (玄米 B_1 量の 105 倍) を含有する強化 B_1 -rice を調製した。而も Acid Soaking を特徴とせる強化 B_1 -rice は水洗炊飯による B_1 の損失極めて少く極端な処理を行つても 83% の B_1 が殘存する事を認めた。更に高單位の B_1 -rice を調製する事に極めて容易であるが、その必要もなかろうかと考える。即ち 100g (1 斗) の普通白米にこの強化 B_1 -rice を 1g (1 合) の割合に混すれば玄米に勝る B_1 量となるのであつて現下の配給量 385g の中僅か 2~3g この強化 B_1 -rice を混すれば B_1 必需量を充分に補ひ得るのである。ビタミン B_1 のみならず水溶性榮養素例えばビタミン類、アミノ酸、微量無機成分をこの要領によつて滲透強化せしめ得るのであつて白米中に缺除せる榮養素を強化した榮養白米を調製し之を實行に移すならば白米を主食とする人々、特に我が國民の榮養は顯著に改善せられることを確信して居るので議者の御批判と御考慮を待つ次第である。

本講演の内容は既に發展した部分もあれば然らざる部分もある。後者に關しては何れ共同研究者らとの名のもとに詳細を發表する豫定である。

(京都大學農學部)