[澱粉科学 (*J. Jap. Soc. Starch Sci.*) 第28巻 第1号 p.41~49(1981)]

昭和55年度 日本澱粉学会賞受賞講演

トウモロコシの浸漬に関する研究

三 輪 泰 造*

(昭和55年7月31日受理)

Studies on Corn Steeping

Taizo MIWA

Nihon Shokuhin Kako Co., Ltd.
(30 Tajima, Fuji, Shizuoka 417, Japan)

There is no clear evidence has ever been presented to indicate what kinds of protein in the corn undergoes what changes and how it is solubilized and separated from the corn kernels.

The study was conducted to determine the degradation and behaviour of each corn protein before and after steeping.

About 20% of the nitrogen in dry corn is usually extracted by the commercial steeping process. The water-soluble nitrogen fraction in dry corn contains 40% or more of the proteins and 50% of the peptides, but in wet corn it contains 80-90% of the peptides and few proteins.

The % nitrogen soluble in 70% ethanol increases greatly as a result of steeping. But the % nitrogen soluble in 0.1 N NaOH decreases simultaneously.

The nitrogen compounds were extracted from corn by steeping (lab scale) in either lactic acid or SO₂. As a result, most of the lactic acid-extracted nitrogen was in the form of low molecular weight compounds (peptides), practically like the SO₂ steeping extract. However, when carrying out the starch separation using mill starches, in the case of lactic acid steeping the starch separation was no good. Therefore, lactic acid performs as well as SO₂ in the solubilization and disruption of the corn proteins, but it is nearly impossible to separate the starch from the corn endosperm.

本日は名誉ある日本澱粉学会賞を拝受することになりました。これはひとえに二國先生、鈴木会長、中村先生をはじめ、多くの先生方、諸先輩の皆様のご指導によるものと深く感謝申しあげるしだいであります。

私も澱粉メーカーの技術者といたしましては、どちらかといえば、澱粉そのものよりも、澱粉の製造方法、澱粉の利用方法を現象的にまとめがちになるものであります。そこで一応の技術的検討がすめば、その後は10年1日のごとく、関連する事項は何でもわかっているとの前提で判断してしまう傾向があるように思われます。

トウモロコシの浸漬につきましても全く同様で、中村先生、鈴木先生のご指導を得て、自分で実験を始める前

までは、トウモロコシの浸漬に関しては、現象的にはだいたいのことは知っているために、浸漬そのものもわかっていると思いこんでいたわけでありました。いろいろの文献や資料を見ると、トウモロコシの浸漬は Black Art だとか、試行錯誤の結果生まれた正体のわからぬ技術だとかいわれておりますが、自分ではそれほど厄介な技術だとも思っていなかったわけです。

しかし、現在ではこのような考え方はすっかり変わってきて、かえって浸漬のむずかしさが目につくようになったしだいではありますが、その端緒となった実験の概要につき報告申し上げます。

はじめに

浸漬に SO₂ が用いられたのは1875年といわれ¹⁾、非常

* 日本食品化工株式会社研究所
(417 静岡県富士市田島 30)

に古くから用いられていたわけである。最初は SO_2 だけの浸漬であって、現在のように浸漬後半に乳酸浸漬が行われるようになったのは、アメリカでは1930年代の後半である²⁾。わが国では戦後の昭和30年頃からこの SO_2 -乳酸の浸漬方法に変わっている。

これらの技術の変化を背景にして、“Cereal Chemistry”あるいは“Stärke”などに報告される浸漬に関する文献には、モデル的な浸漬装置を用いて浸漬条件やトウモロコシの良否を検討したもの³⁾、浸漬液の成分組成の変化を追求したもの⁴⁾、澱粉回収率や原料トウモロコシの品質、とくに人工乾燥の影響を論じたもの⁵⁾が多い。また、乳酸浸漬については、乳酸菌の繁殖経過を検討した報告⁶⁾も見られるが、概して浸漬技術に関連するいくつかの観点より、それぞれの範囲で検討されている状況と思われる。

元来、トウモロコシの浸漬工程では、トウモロコシを軟かくして磨砕しやすくすることが重要であり、次に澱粉と蛋白との分離を良好ならしめることが必要である。したがってこれらの影響をトウモロコシがどのように受けているかを調べるために、トウモロコシの蛋白について実験をすすめた。トウモロコシから澱粉をつくることは、要するに澱粉と蛋白とを分離することで、トウモロコシ中の蛋白を浸漬によって可溶化し、蛋白を解離させて抽出除去する過程を種々の面から検討することとした。

トウモロコシ蛋白の浸漬前後の変化

使用したサンプルは南アフリカ産黄色デントおよび U.S.A. 産黄色デントである。蛋白は蒸留水、0.5 M 食塩水、70%エタノールおよび 0.1 N 苛性ソーダで順次抽出して窒素を測定した。その結果は Table 1 に示す。ドライコーンは浸漬前、ウェットコーンは浸漬後である。

比較として J. A. Boundy らのデータ (ドライコーン) を示した⁷⁾。

これらのトウモロコシの蛋白%は南アフリカが無水物換算で 8.94%、U.S.A. が 9.82% であった。これを実際の工程で浸漬したウェットコーンの蛋白%は、それぞれ 6.96%、7.80% で、だいたいにおいて2% ぐらいが浸漬中に溶出する結果であった。

次にこれらの蛋白を各溶剤で順次抽出を行った。蒸留水、食塩水、エタノール、アルカリ各溶剤で抽出した合計は70%以上となり、J. A. Boundy の66.7% より多かった。南アフリカのウェットコーンの場合は抽出蛋白の合計が81.6%で、他より高い結果を得たが、これは蒸留水および 0.5 M 食塩水可溶蛋白が多かったことによる。

この水溶性・塩可溶性蛋白の%は、トウモロコシの産地・種類および収穫後の乾燥方法などによって数値が変動し、収穫年の古いトウモロコシや人工乾燥によったトウモロコシはこの蛋白画分が少ない傾向にある。この蛋白画分はトウモロコシ蛋白の約20%前後であるが、浸漬中に蛋白が溶解し抽出された後のウェットコーン中にも、なお20%前後の同じ蛋白画分が存在するものと考えられる。

70%エタノール可溶画分および 0.1 N 苛性ソーダ可溶画分について述べると、浸漬の影響としては、アルカリ可溶画分が減少し、アルコール可溶画分が増加することが認められた。ドライコーン蛋白中のアルカリ可溶画分は南アフリカ、U.S.A. のいずれも約34%くらいであるが、これを浸漬するとその画分は22%前後に減少した。一方アルコール可溶画分はドライコーン蛋白中約17%であったものが、浸漬後は32%前後に著しく増加することが認められた。トウモロコシ蛋白ではアルコール可溶の

Table 1. Protein contents in corn sample and percent of the protein extracted with various solvents.

Corn		Protein content ^{a)} (%)	Protein extracted (%)				
			H ₂ O	0.5 M NaCl	70% EtOH	0.1 N NaOH	Total
South Africa	Dry corn	8.94	6.9	11.5	17.4	34.8	70.6
	Wet corn	6.96	26.3		33.5	21.8	81.6
U. S. A.	Dry corn	9.82	15.0	8.0	17.0	33.9	73.9
	Wet corn	7.80	15.2	6.4	31.6	22.7	75.9
Analysis by J. A. Boundy ⁷⁾ Dry corn		—	10.9	6.6	22.6	26.6	66.7
							33.3

^{a)} Moisture free basis.

Fig. 1. Elution diagram of H₂O-extracted protein fraction on Sephadex G-100 column.

Fig. 2. Elution diagram of H₂O-extracted protein fraction on Sephadex G-200 column.

●—● wet corn

ツェインがよく知られているが、この蛋白画分は浸漬により増加するものと考えられる。

次に各抽出画分につきゲル濾過を行った。その結果を Fig. 1~5 に示す。Fig. 1 はドライコーンの蒸留水抽出蛋白画分の Sephadex G-100 によるゲル濾過の結果である。溶出には 0.1% のアンモニア水を用いた。O.D._{280nm} のピークは void volume 附近の高分子区分と bed volume 附近の低分子区分の 2 つのみが認められた。高分子区分は分子量数万以上の蛋白であり、低分子区分は分

Fig. 3. Elution diagrams of 0.5M NaCl extracted protein fraction on Sephadex G-100 column.

(a) ●—● dry corn; (b) ○—○ wet corn

Fig. 4. Elution diagrams of 70% ethanol extracted protein fraction on Sephadex G-100 column.

(a) ●—● dry corn; (b) ○—○ wet corn

子量数千程度のペプチドである。高分子区分のピークは低分子区分よりかなり高かった。

Fig. 2 はウェットコーンの同じ画分の Sephadex G-200 によるゲル濾過の結果である。この場合も 2 つのピークのみが認められたが、高分子区分のピークは非常に小さく、反対に低分子区分のピークは著しく大きかった。Fig. 1 と比較してみると、高分子区分が著しく減少していることがわかり、ここに浸漬の影響が認められる。

Fig. 5. Elution diagrams of 0.1N NaOH extracted protein fraction on Sephadex G-75 column.

(a) ●—● dry corn; (b) ○---○ wet corn

Fig. 6. Elution diagrams of H₂O-extracted protein fraction with SDS treatment on Sephadex G-100 column.

(a) ●—● dry corn; (b) ○---○ wet corn

Fig. 3 は 0.5 M 食塩水抽出蛋白画分のゲル濾過で、ドライコーンとウェットコーンを比較したものである。ピークは同様に高分子区分および低分子区分の2つであるが、上述の水溶性画分と同じように、高分子区分のピークは浸漬後は著しく減少し、反対に低分子区分のピークは浸漬後に著しく増加した。

以上の結果から、トウモロコシの水溶性・塩可溶性蛋白画分は浸漬によって、その高分子区分が解離して低分子区分になることがわかった。

Fig. 4 は70%エタノール可溶蛋白画分のゲル濾過である。低分子区分は非常に少ない故に、試料を多くしたところ、ごくわずかではあるが第3のピークが見られた。しかし主要なピークは高分子区分と低分子区分の2つである。またこの画分はドライコーンとウェットコーンとが全く同形で、浸漬の前後による違いは認められなかった。

Fig. 5 は 0.1N 苛性ソーダ可溶蛋白画分のゲル濾過である。溶出量 250 ml のあたりがドライコーンとウェットコーンで多少異なっているが、高分子区分対低分子区分の高さの関係は両者類似していて、浸漬による影響は認められなかった。

Fig. 4 および Fig. 5 の結果から、トウモロコシの70%エタノール可溶性・0.1N 苛性ソーダ可溶性蛋白画分は、浸漬前後において主要なピークは2つであり、かつ類似した形を示しており、とくに浸漬による影響は認められなかった。

次に浸漬による影響が明らかな水溶性蛋白画分について、ドデシル硫酸ソーダ (SDS) 処理をして蛋白分子を解離させゲル濾過を行った。その結果を Fig. 6 に示す。すなわち、水溶性画分の蛋白量に対し、SDS を1%になるように加え、1時間室温で攪拌のち、G-100 カラムにかけたが、この図においても Fig. 1 および Fig. 2 と同様に、高分子区分と低分子区分の2つのピークしか現われなかった。Fig. 6 のドライコーンの場合は、Fig. 1 と比較するとその高分子区分は減少し、低分子区分が増加して、SDS による高分子区分の解離傾向が認められるが、その中間にはピークは全く見られなかった。また Fig. 6 のウェットコーンの場合には、Fig. 2 と全く同じピークの形であると思われる。

これらのゲル濾過の結果によると、水溶性蛋白画分および塩可溶性蛋白画分は浸漬の影響を受け、その高分子区分は著しく減少し、低分子区分が著しく増加する。これに対してエタノール可溶性蛋白画分およびアルカリ可溶性蛋白画分はピークの形に変化が認められず、いずれも主要なピークは2つのみであった。

トウモロコシの水溶性蛋白画分は浸漬によって、その低分子区分の増加することがゲル濾過の結果判明したが、これを確かめる目的でトリクロル酢酸 (TCA) 処理を行った。TCA 処理は10%トリクロル酢酸を蛋白推定量の約30倍の大過剰に加え、遠沈して TCA 可溶部と TCA 沈殿部とに分け、それぞれ窒素を測定することによってその結果を Table 2 に示す。

実験 No. 1 は蒸留水抽出処理前にヘキサンで脱脂処

Table 2. Nitrogen of the fractions extracted with H₂O and their sub-fractions treated with TCA.

Corn	Fractions extracted with H ₂ O (mg)	TCA soluble N	TCA precip. N	Total N (%)	
		N extracted with H ₂ O (%)	N extracted with H ₂ O (%)		
Exp. 1	{ Dry corn	18.7	53.5	42.8	96.3
	{ Wet corn	23.0	92.2	1.7	93.9
Exp. 2 ^{a)}	{ Dry corn	11.9	53.8	37.0	90.8
	{ Wet corn	16.3	81.0	0.6	81.6

^{a)} Corn samples of Exp. 2 were not treated with hexane before H₂O-extraction.

理をしたもの、No. 2 はヘキサン脱脂処理をしないものであるが、No. 2 より No. 1 のほうが水溶性窒素画分は多かった。

ドライコーンとウェットコーンとの比較では、水溶性窒素量はウェットコーンのほうが多かった、またドライコーンではその53%強が TCA 可溶成分（ペプチド）であるのに対し、ウェットコーンでは92%強がペプチドで、TCA 沈殿成分（蛋白）の窒素は1.7%まで著しく減少した。すなわち、浸漬前に約42%をしめていた蛋白は、浸漬中に解離してその大部分がペプチドに移行することが認められた。これはゲル透過の結果と一致する。

実験室規模による浸漬剤の効果

浸漬剤として SO₂ を使用する理由は、雑菌の汚染を防ぎ、トウモロコシの可溶性成分を抽出して澱粉と蛋白の分離を良好ならしめることにある。しかし乳酸の効果は必ずしも明らかではなく⁶⁾、乳酸の基本的な効果や、SO₂ との機能的な差異についてはまだ確かめられていない。

本実験では小規模の浸漬装置を用い、浸漬液と浸漬されたウェットコーンの蛋白画分を対比させる理由から、SO₂ および乳酸による浸漬を基本的なバッチ浸漬で実施した。そして浸漬剤としての効果は澱粉分離の難易、水溶性窒素画分の変化などについて検討した。

浸漬装置は 1 l 容プラスチック製広口ビンに温度計と液の送入および排出用ガラス管 2 本を挿入したゴム栓をつけ、ガラス管にはチューブを取付ける。浸漬液の送入・排出にはマイクロチューブポンプを用い、チューブを通して排出液がポンプにより再び送入されるようにする。これを必要基数だけ揃えて恒温槽に入れる。

この装置を用いて、まず SO₂ および乳酸の各単独のバッチ浸漬を、水だけの浸漬をコントロールとして行っ

Table 3. Steeping conditions.

Exp. No.	1	2	3
Corn (g)	300	300	300
Steep water (ml)	450	450	450
Steep reagent (%)	SO ₂ 0.20	Lactic acid 2.0	—
pH	1.6	1.9	5.4
Temp. (°C)	50	50	50
Time (hr)	38.5	38.5	38.5

Table 4. Final conditions in steeping process.

Exp. No.	1	2	3 a	3 b
Steep liquor				
Final/Initial volume ratio	0.71	0.70	0.68	0.68
pH	4.3	3.2	4.4	5.9
Bx	3.7	4.8	2.1	2.5
Microorganism	(—)	(—)	(+)	(±)
Wet corn				
Final/Initial weight ratio	1.43	1.43	1.49	1.48
Weight (g)	428	429	204	203
Moisture (%)	38.93	39.01	38.73	38.92

た。Table 3 にその浸漬条件をまとめて示す。

実験 No. 1 は SO₂ 浸漬、No. 2 は乳酸浸漬そして No. 3 は蒸留水だけの浸漬である。次に浸漬終了時のデータを Table 4 に示す。

実験 No. 3 は浸漬18時間目に桿菌・球菌がわずかながら発生した。そのためこれ以後はトウモロコシおよび液を2分し、1つはそのまま浸漬を続け、他はデヒドロ酢酸 0.2% を加えて浸漬を続けた。前者を No. 3 a、後者

Fig. 7. Starch separation tests by a sedimentation method.

を No. 3b とした。

浸漬液およびトウモロコシの浸漬前後の量比は No.1 と No.2 はほぼ同じ値であった。No. 3a, 3b は蒸留水だけの浸漬であるから、トウモロコシから液中に溶出する成分が少なく、この故に液およびトウモロコシの浸漬前後の量比は No. 1, 2 と異なった値を示した。

浸漬液の Bx はトウモロコシから液中に溶出した成分量を代表する。No. 2 は 2% 乳酸液による浸漬で、2% 乳酸液の Bx 1.2 を差引くと、液の Bx 増加分は 3.6 となる。これは No. 1 の 3.7 とほぼ等しい。すなわち 0.2% SO_2 と 2.0% 乳酸によるトウモロコシ可溶性成分の抽出効果は概して等しいことが認められた。これに対して No. 3a, 3b の Bx は低く、その抽出効果は小さかった。

澱粉層の沈降分離試験は次の方法によった。すなわち、浸漬終了のウェットコーンに同量の水を加えてミキサーで粉碎し、これを 60メッシュと 100メッシュの篩で篩別し、その篩上を再度粉碎し、同篩で篩別を行い篩下を合してよく攪拌し、100 ml 比色管に注ぎ静置する。使用する水は、ウェットコーン採取量の 2 倍の水ですべてを処理すると約 7 Bé 前後のスラリーができる。このスラリーを静置すると下層に澱粉層ができ、その上に蛋白層が沈降するので、それぞれ沈降高さを読んで比較する。

この方法で各試料を処理した結果は Fig. 7 のごとくであった。W は同じ原料を実際の工程で浸漬したもので、比較として示した。

No. 1 SO_2 浸漬は良好な澱粉層分離を示したが、No. 2 乳酸浸漬は澱粉層の沈降があらわれなかった、また No. 3a, 3b は澱粉層が沈降したがその高さは低かった。Table 5 は Fig. 7 の澱粉層・蛋白層の高さを%で示し

Table 5. Sedimentation tests.

Exp. No.	1	2	3a	3b	W
Total sed. volume (ml)	34.3	28.0	26.3	30.0	36.0
Protein sed. V. (ml)	22.3	28.0	18.5	23.2	23.5
Starch sed. V. (ml)	12.0	0	7.8	6.8	12.5
Protein sed. V. (%)	65.0	100.0	70.3	77.3	65.3
Starch sed. V. (%)	35.0	0	29.7	22.7	34.7

Fig. 8. Mill starch by lactic acid steeping under microscope.

たものである。実験 No. 2 の蛋白沈降容量 100% は他の試料と異なり、白色の澱粉層が分離沈降していないことを意味するものである。

実験 No. 2 乳酸浸漬はなぜ澱粉層の沈降が認められないのであろうか。これを確かめるためにこの試料の下部を顕微鏡写真にとった。Fig. 8 にこれを示す。

Fig. 8 (a) は蛋白をエオシンで染色した顕微鏡写真である。澱粉粒は分離されてはいるが、その周囲に赤く染まった蛋白がかなりまじっている。澱粉層がきれいに沈降するときは、ほとんど蛋白の混入は見られないほどであるから、この場合は澱粉と蛋白との分離がよくないことがわかる。また、Fig. 8 (b) に示すように、胚乳部の細胞断片のような大きな塊も見られた。これは細胞中に澱粉粒が充満したままの状態で存在すること、そして粉碎によっても細胞中の澱粉がバラバラに分離されにくいことを示すものである。これらの存在が澱粉層のきれいな分離沈降をさまたげていることが理解される。この状況は、乳酸だけの浸漬の場合に生ずる現象で、トウモロコシを軟かくして、磨砕により澱粉を胚乳細胞から遊

Table 6. Nitrogen extracted in steep liquor.

Exp. No.	1	2	3 b
N in corn sample (mg)	3870	3870	3870
Volume of final steep liquor (ml)	320	315	305
N in final steep liquor (mg/ml)	2.3	2.1	0.9
N extracted (mg)	736	662	275
N extracted N in corn sample (%)	19.0	17.1	7.1

Table 7. TCA treatment of N extracted.

Exp. No.	1	2	3 b
(a) N in final steep liquor(mg/ml)	2.3	2.1	0.9
(b) TCA soluble N(mg/ml)	1.64	1.56	0.60
(c) TCA ppt. N(mg/ml)	0.15	0.05	0.03
(b)/(a) (%)	71.2	74.4	66.7
(c)/(a) (%)	6.5	2.4	2.9
Total (%)	77.7	76.8	69.6

離させる働きに関しては、乳酸は SO_2 より明らかに劣ることがわかった。

次に浸漬液およびウエットコーン中に残る水溶性窒素画分について検討した。

浸漬液中に溶出した窒素画分を分析した結果は Table 6 のごとくであった。トウモロコシ試料 300 g 中の窒素は 3870mg で、この窒素から実験 No. 1, No. 2, No. 3 b の各区の浸漬液中に溶出した窒素量は、それぞれ 736mg, 662mg, 275mg で、その割合は No. 1 SO_2 浸漬が 19.0 %, No. 2 乳酸浸漬が 17.1 % で、乳酸浸漬における窒素画分の溶出量は SO_2 浸漬における溶出量に近かった。これに対し No. 3 b の水浸漬ではわずかに 7.1 % しか溶出しなかった。

浸漬液中に溶出したこれらの窒素画分はどの程度解離しているのか、また No. 1 と No. 2 とでは蛋白態のペプチド態への解離に差があるかどうかを調べるために TCA 処理を行った。その結果を Table 7 に示す。TCA を大過剰に加えて遠沈したところ、その TCA 可溶区分は No. 1 が 71.2 %, No. 2 が 74.4 % であり、蛋白態窒素からペプチド態への解離について、乳酸は SO_2 と同等、またはそれ以上の作用を示すことがわかった。TCA 沈

Fig. 9. Degradation of H_2O extracted protein fraction by dilute lactic acid solution at 50°C .

殿区分についても No. 1 が 6.5 % に対し No. 2 は 2.4 % で、乳酸の解離作用は明らかであるが、これは乳酸の pH による効果であると考えられる。No. 2 の浸漬液の pH は、Table 4 に示したように 3.2 であった。

乳酸浸漬による溶出蛋白の解離が pH によりどのように変化するかを知るために、蒸留水抽出蛋白画分を乳酸で pH 3.0, 4.0 に調整し、浸漬条件と同じく 50°C で 40 時間保持した結果を Fig. 9 に示す。pH 5.6 は乳酸無添加のブランクである。pH 3.0 の場合は、最初約 30 % あった蛋白態窒素が、20 時間で約 6 % に減少し、さらに 40 時間で約 3 % にまで低下した。乳酸酸性における蛋白態窒素のペプチドへの解離が著しいことがわかる。pH 4.0 の場合にもこの傾向があった。また pH 5.6 (乳酸無添加) の場合にも蛋白態の減少が認められたが、これは試料中のプロテアーゼによる影響と考えられる⁸⁾。Table 7 の実験 No. 3 b が蒸留水だけの浸漬にもかかわらず、ペプチド態窒素区分が多い (66.7 %) のはプロテアーゼの作用によるものである。

以上は浸漬液中に溶出した窒素画分の検討結果であるが、次にウエットコーン中に残存する水溶性窒素画分について検討した。

まず実験 No. 1, No. 2, No. 3 b のウエットコーンについて、その窒素を定量し、次いでそのなかの水溶性窒素を定量した。これを浸漬途中の 18 時間目と浸漬終了時 (38.5 時間目) について測定した。また比較のため未浸漬のドライコーンと、実際の工程で同じロットのトウモロコシを浸漬したウエットコーンについても、その窒素量・水溶性窒素量を分析した。その結果は Table 8 の

Table 8. Water-soluble nitrogen in wet corn.

Exp. No.	1	2	3 b	Dry corn	Wet corn
Steep half time (18 hr)					
Wet corn (dry base) (g)	9.02	9.14	9.08	9.90	8.53
N in wet corn (%)	1.28	1.41	1.46	1.44	1.13
N in sample (mg)	115	129	133	143	97
Water soluble N (mg)	25.4	29.5	20.1	18.6	21.4
Water soluble N (%)	22.1	22.9	15.1	13.0	22.1
Steep finish (38.5 hr)					
Wet corn (dry base) (g)	8.80	9.15	8.83		
N in wet corn (%)	1.32	1.32	1.47		
N in sample (mg)	116	121	130		
Water soluble N (mg)	24.9	28.1	14.4		
Water soluble N (%)	21.5	23.2	11.1		

Table 9. TCA treatment of water-soluble N fraction in wet corn.

Exp. No.	1	2	3 b	Dry corn	Wet corn
Steep half time (18 hr)					
Water soluble N (mg)	25.4	29.5	20.1	18.6	21.4
TCA ppt. N (mg)	0.13	0.21	1.85	5.54	0.17
TCA ppt. N/water sol. N (%)	0.5	0.7	9.2	29.8	0.8
Steep finish (38.5 hr)					
Water soluble N (mg)	24.9	28.1	14.4		
TCA ppt. N (mg)	0.07	0.08	0.92		
TCA ppt. N/water sol. N (%)	0.3	0.3	6.4		

とおりであった。

ドライコーンの水溶性窒素成分は含有窒素成分の13.0%，ウェットコーンではそれが22.1%であった。浸漬すると液中に溶出する窒素成分を除き、トウモロコシ中に残る窒素成分中においても、水溶性窒素成分はかなり増加する。

実験 No. 1, No. 2 は浸漬18時間目ですでに水溶性窒素成分が22%に達し、その値は浸漬終了（38.5時間）においてもそれ以上の増加は見られなかった。

No. 3 b は蒸留水だけの浸漬であって、ドライコーンの水溶性窒素成分13.0%の値はあまり変化をしないものと考えてよい。

次にこれらの水溶性窒素成分を TCA 処理して、その蛋白態・ペプチド態の窒素成分を定量した。その結果を Table 9 に示した。

ドライコーンの水溶性窒素成分中には、蛋白態窒素成分は29.8%であった。これを浸漬したウェットコーンで

は、その蛋白態窒素成分はわずかに0.8%で著しく減少した。浸漬するとそのほとんどすべてがペプチド態に解離することが認められる。

また実験 No. 1, No. 2 においても、水溶性窒素成分中の蛋白態窒素は、浸漬18時間目ですでに1%以下の微量に減少している。

これに対して、蒸留水のみの浸漬による No. 3 b では、その蛋白態窒素は18時間目が9.2%、38.5時間目で6.4%を示し、最初の29.8%からかなり減少しているものの、蛋白の解離については No. 1, No. 2 に及ばなかった。

すなわち、浸漬したトウモロコシ中に残る水溶性窒素成分の解離に関しては、No. 1 SO₂ 浸漬も No. 2 乳酸浸漬も全く同等の効果があるごとく認められる。また浸漬時間に関しては、浸漬のほぼ中央の18時間目において、すでに浸漬終了時（38.5時間）の水溶性窒素成分および蛋白態窒素の値に達していた。したがって、この水溶性窒素成分の増加および蛋白態窒素の減少から見るかぎり、

浸漬18時間目でその変化はすでに終了して、トウモロコシ浸漬時間を短縮できる可能性を示すものと推察される。

要 約

コーンスターチ製造の浸漬工程において、トウモロコシ蛋白の変化とその可溶化の過程について検討した。また実験室規模の浸漬装置を用いて、SO₂および乳酸のバッチ浸漬を行い、澱粉分離の難易と浸漬液に溶出する窒素成分およびウェットコーン中に残る水溶性窒素成分についても検討した。その結果は次のとおりである。

1) トウモロコシの蛋白は通常9~10% (無水物)の含量であるが、浸漬によりその約20%強が溶出される。浸漬後のトウモロコシ中に残る蛋白を浸漬前と比較すると、水溶性画分および塩可溶性画分にはとくに大きい変化はなかった。しかしアルコール可溶性画分は著しく増加し、反対にアルカリ可溶性画分は著しく減少した。

2) 水溶性画分および塩可溶性画分を浸漬前後について比較すると、その高分子区分 (蛋白) が非常に減少し、低分子区分 (ペプチド) は著しく増加した。浸漬前のトウモロコシ水溶性蛋白画分では約43%が蛋白、約54%がペプチドであるが、浸漬後では蛋白が約1.7%に減少し、ペプチドは約92%に増加した。

3) いずれの蛋白画分でも、ゲル濾過によるピークは高分子と低分子区分の2つが主要な成分であり、その中間のピークはほとんど認められなかった。

4) SO₂による小規模バッチ浸漬では良好な澱粉分離を得たが、乳酸による浸漬では、澱粉層の沈降分離は得られなかった。乳酸浸漬では、粉碎してもなお澱粉粒と蛋白粒との分離が悪く、なかには細胞膜断片中に澱粉粒

が充満したままの大きい塊が存在した。乳酸のみの浸漬では胚乳部の機械的粉碎効果がSO₂浸漬のものより劣ることが認められた。

5) 乳酸浸漬は、概してSO₂浸漬と同程度に、トウモロコシ窒素成分を溶出させる作用がある。SO₂、乳酸のいずれの場合も、溶出する窒素成分の90%以上はペプチドであった。

6) 浸漬終了のウェットコーン中に残存する水溶性蛋白画分は、SO₂、乳酸のいずれの場合も、その大部分がペプチドに解離していた。

7) SO₂、乳酸のいずれの場合も、ウェットコーン中の水溶性蛋白画分のペプチドへの解離が、浸漬途中の18時間目において、すでに浸漬終了 (38.5時間) と同じ程度にまで達しており、浸漬後半ではその変化はほとんど生じていなかった。

文 献

- 1) H. O. BENSING *et al.*: *Cereal Sci. Today*, **17**, 304(1972).
- 2) R. W. KERR and H. BERLIN: U.S.P. 1,918,812 (1933).
- 3) S. A. WATSON, C. B. WILLIAMS and R. D. WAKELY: *Cereal Chem.*, **28**, 105(1951).
- 4) C. L. FRANZKE and G. WAHL: *Stärke*, **22**, 64 (1970).
- 5) M. ROUSHDI, Y. GHALI and A. HASSANEAN: *Stärke*, **31**, 78(1979).
- 6) S. A. WATSON, Y. HIRATA and C. B. WILLIAMS: *Cereal Chem.*, **32**, 382(1955).
- 7) J. A. BOUNDY *et al.*: *Cereal Chem.*, **44**, 160 (1967).
- 8) E. M. CRAINE and K. E. FAHRENHOLZ: *Cereal Chem.*, **35**, 245(1958).