農 産 加 工 と 生 化 学

A. I. OPARIN (ソ連バツハ記念生化学研究所所長)

本日私の講演において、主にわが国における植物生化学の研究と食品工業、主として農産加工の面においてお話をしたいと思います。わが国には貴国（日本）と同じような食品加工工業があります。例えば製粉、製パン、製糖、醸酵、調味料工業、タバコ工業等です。私はきわめて大ざっぱではありますが、貴国の状態との間に根本的差異があることをみました。この差異の第一は原料の差異です。例えば穀物はわが国では主に小麦です。貴国で重要なものは米であります。また製糖工業についていうと、わが国では砂糖大根が主な地位をしめています。ブドウ糖はトウモロコシから作られ、澱粉製造の原料としてはジャガイモが用いられるのです。これはまた醸酵工業の原料ともなっています。私の知る限り、貴国では甘藷が中心です。私はお茶については残念ながらまだよく知りませんが、私のみたところ、わが国では紅茶が中心なのに、貴国では緑茶が主に用いられているようです。またその他わが国ではブドウは主にブドウ酒を作るために栽培されていますが、貴国では私の聞いたかぎりではブドウは主として直接食用のために栽培されています。もちろんこのような区別と同時にわが国と貴国では共通な面、すなわち同一の原則の上にたつて仕事が行われていることはいうまでもありません。

次に理論的にいうと、すべての食品加工の過程は次の三つの過程に分けられます。第一の段階としては原料がまだ生命を保っている場合の貯蔵の方法です。例えば穀物の倉庫における貯蔵期間、わが国では砂糖大根とジャガイモ、貴国なら甘藷の貯蔵期間、また罐詰や菓子の原料になる果物の貯蔵は生化学的にいつて、生きた状態にあるといえます。この段階において特徴的なことは、これらの原料である穀類、根、根茎の中で巧妙に調和された生化学的過程が進んでいることです。このような第一段階において行われる生化学的過程は普通次のように纏められます。つまり加水分解の過程と、酸化すなわち呼吸の過程で、その結果この間に炭水化物が消費されるのであります。

第二の食品加工の段階は主として、より機械工業的な性質を持っています。この段階は第三の段階、すなわち生化学的過程の準備過程とみなすことができます。この段階において生体原料つまり穀粒、根、地下茎、果実等はすべて機械的破壊をうけるのです。例えば穀物なら製粉工業により粉となり、また酒の醸造の場合には実から汁をしぼりだすことを意味します。例えばビール工業では、麦芽をすりつぶすことにあたるのです。また紅茶をつくる時、ローラーによつて茶の葉を揉捻するなどこれに類し、また生化学的にいうと、この第二段階は次のように考えられるのです。穀粒、根、葉など原料の生きた細胞は機械的に破壊されます。この際その原料の細胞中に存する酵素はすべて完全に活性状態に残されています。このようにして生化学的観点からいうと、完全に自己分解のための混合液が得られます。例えば捏粉^{コロコ}のかたまり、つまり小麦と水とを混ぜた時に出来る捏粉のかたまりや、よつた茶や、醸酵したタバコなどの中では原形質が破壊され、生細胞に特有な各酵素の調和は破壊されているのです。しかしそれらの化学反応を行う能力は完全に残されています。このような化学変化が食品工業の次の第三の段階、つまり生化学的過程をなすのであります。このような段階、つまり第三の段階においてとくに使用の目的にかなう性質が形成されます。このような条件下でより吸収され易くなり、よりよい香気や味が加えられ、また長期の保存にたえられるような能力が与えられます。したがって、技術的な目的にかなうように醸酵過程が進むようにするためには、つまり食品工業の主要な目的はこのような醸酵過程をわれわれに必要な方向に方向づけることが食品工業家の腕前であります。私はいまからソ同盟でやつてきたこのような仕事のなかから、前述の三つの段階に対応する例をお話したいと思います。

第一の段階、これはつまり原料の貯蔵ですが、この点でわが国で重要なものは製糖工業における砂糖大根の貯蔵であります。わが国においては砂糖大根の貯蔵は高い塔の形に積みあげ、わらで囲つてそとにおいておきます。

わが国では貴国において甘藷を米俵にいれておくように、砂糖大根を貯蔵するわけにはいきません。まず第一に、もし中程度の大きさの製糖工場が1シーズンに使用する砂糖大根を1メートル半の高さでならべると、300

ないし 400 ヘクタールの面積を占めるからであります。また同時に砂糖大根の根では、甘藷の根と同様に非常にさかんな物質代謝呼吸が行われています。通常の状態において、100 日もの間、このように砂糖大根を放置するとその呼吸により、そのなかの約 1% 近くの糖分が失われていきます。もしこれをわが国全精糖工業の上に換算すると、この量は非常に多く、つまり年間数万ツェントネル（数十万トン）の損失に値します。通常わが国では 100 日以上砂糖大根を貯蔵することはありません。このようなことは工業にとつて非常に多くの困難をもたらします。もちろん、これは、みなさん御承知のように、1 年の 3 分の 1 の間に非常に多くの仕事をしなければならぬからであります。生化学的過程を研究することにより、わが国ではこのような損失をふやさぬばかりでなく、かえつてこの損失を減らしながら、170 日まで貯蔵期間をのばすことが出来ました。このようにして生産力を損ずることなく、70% 近くの精糖工業において保存期間をのばすことができたのであります。

また非常に重要な意味をもつのが穀物の保存であります。もちろん、穀物は砂糖大根に比べて乾燥した状態なので、それほどさかんに呼吸が行われているわけではありませんけれども一定の損失が行われています。私は貴国の一研究所すなわち食糧研究所において、実験倉庫で米や麦の貯蔵をしているのをみせて貰いました。ここではまた同様に米俵に入れてそれが貯蔵されているのを見ました。もちろんこの点についてはわが国のように大規模な状態では、貴国のような方法をとるわけにはいきません。このほかわが国では非常に大量にコンバインによつて収穫します。このようにコンバインで収穫物を集める時、穀物はすぐトラックにつまれ、トラックよりすぐ穀物倉庫に運ばれ貯蔵されています。したがつてこのような条件下では若干湿つているので、澱粉や一部の蛋白が呼吸により失われることが考えられます。もちろんこの場合、細菌や昆虫による損害は考えにいけないので話です。これを解決するため、わが国では穀物を乾燥する方法によつて解決しており、コンバインによつて集められた穀物は乾燥機に送られて、そこで一定湿度に下げられ、それから始めて穀物倉庫に貯えられるのです。もちろん、わが国において穀物を扱う人は穀物乾燥機のなかで高温を穀物に与えることを非常に恐れています。彼等は次のように考えているのであります。すなわちそのような状態で乾燥されると単に湿り気をとるばかりでなく、製パンに適する粉をうることができなくなるのではないかと考えています。しかし、正しい管理法にしたがえば比較的高温で乾燥しても粉の質を下げるのでなく、かえつて粉の質を良くしつつ乾燥することができると考えられます。このことは次のように説明されるでしょう。

捏粉をつくるとき、捏粉のなかでは酵母の作用により一定の醗酵がおけるとともに、穀物のなかに、もとからあつた酵素によつて醗酵がおきるのです。ことにその場合、蛋白分解酵素がはたらいてグルテンの物理的性質をかえます。もしこの時、分解作用が強すぎるとグルテンはねばねばし過ぎ、捏粉がパサパサして固いパンになつてしまいます。

もし穀物が 40 度位の高熱をうけるとこの蛋白質は固くなり、その結果蛋白分解酵素が作用できないようなものになってしまうのです。そのため非常に固い捏粉を作るような種類の粉でも、高度の乾燥をうけたあとでは、非常に良質の捏粉となります。その場合不注意で熱を加え過ぎると粉の質に変化を与え蛋白が変性することはもちろんであります。この時にはかえつて蛋白分解酵素が作用しやすくなります。最近適度な高温での乾燥により粉の質が高められ、製パンに有利な性質が強められることが判つてきました。

もう時間もないので第一の段階はこのへんにして、すぐに第三の段階に移ろうと思います。というのは第二の段階は生化学的であるよりもより工業的で、この点については化学者が話すよりも工学者が話すべきだと思うからであります。この第三段階については私はさきほど穀物のところでこの意義についてふれました。つまり次のようなことです。穀物は自分自分のなかに一定量の蛋白分解酵素およびアミラーゼをもちます。もちろん、この際穀物の種類や産地や、とれた年代によりその酵素の量および種類には多くの変化があります。この場合捏粉を造る際、必要なことは酵素の作用のある条件下で相当の強さにまですることです。この際とくに必要なことは β -アミラーゼが一定の力をもつて、捏粉のなかで作用することです。なぜならば、この結果として始めて捏粉の製造からパンを焼くまでの間の醗酵をうける麦芽糖が形成されるからであります。私どもが β -アミラーゼの非常に少い品種の粉を使うとその結果として、味の悪い、固いパンしかえられません。それはなぜかといいますと、醗酵力が弱くて炭酸ガスの発生が少いからです。もちろんこのような場合には、 β -アミラーゼの量を測つて、少なければ蔗糖や麦芽糖や麦芽製剤を加えて、調節できます。次のような例があります。それは 1931 年のことで、その年の秋ははじめじめした天候でありました。この時、次のべるような困難が製パン工業において

起りました。その時、パン工場にきた粉の中には β -アミラーゼの作用が強いばかりでなく、よすぎる位に作用しました。その場合、捏粉のなかでの醗酵はそれ以上望めないほどによくおこりました。それなのに品質の悪いパンができました。このパンを買った主婦たちは工場に対してパンが良く焼けていないと不服をいいました。このパンはねばねばし、良く焼けていないような感じを与えました。工場としては、パンを焼く温度を高めたり、熱を加える間のコンペアーの距離を長くしたりしたが結局どうにもなりません。化学的検査によつて、このパンのなかには、国で決めた規定よりも含水量が少い位であることが判りました。それなのに消費者達は、これは完全に焼けていず、湿つているといいました。これはどうしたことでしょうか。けつきよく、秋の天候が湿つていたので、穀物の一部がすでに発芽してしまった状態にあつたからなのでした。発芽にさいしては御存知のように、 β -アミラーゼと同時に、 α -アミラーゼができてしまうからです。

しかもこのような α -アミラーゼは非常に熱に安定で、高温でも破壊されずに作用をつづけます。このような結果として、非常に醗酵に有利な条件を作るのですが、このような捏粉を焼くと β -アミラーゼは破壊されますが、 α -アミラーゼが安定のため、焼いたのちでも醗酵が続くのです。このような α -アミラーゼは焼かれる間も作用をつづけ、比較的長い間作用をつづけるので澱粉をデキストリンにし、私がいつたように湿つた感じを与えたのです。われわれは α -アミラーゼが酸に対して弱いことを知っています。僅かの乳酸を加えたり、少しでも乳酸醗酵を起させることによつてすぐに前のような現象は止り、通常の方法で焼いても良いパンができるようになったのです。また同様にして蛋白分解酵素の作用をも調節でき、この結果として良質のパンが得られるのです。

次に若干製茶工業についていいたいのですが、この工業は私のいう第三の段階つまり生化学的段階で非常に良い例となります。萎凋室において緑の葉は他の植物と同様な正常な呼吸が続けられています。この場合空中の酸素は茶の葉に多く含まれているタンニンのようなポリフェノールによつて吸収されます。しかしそれによつてこのポリフェノールは直ちに還元され、ここに遊離した酸素は次の過程により酸化さるべき物質、つまり糖を酸化してゆくのです。しかしこのようなポリフェノールが運搬者、さらに正確に言えば水素の運搬者として働きうるのは、生きた、傷つけられぬ細胞中における場合のみであります。ローラーでこの葉をひいてしまう時にはこの茶の葉の細胞は破壊されます。その結果先に述べたような化学的過程の順序は壊されます。この場合酸化を受けるのはただポリフェノール、すなわちタンニン物質のみであります。この反応は茶の葉に特有のオキシダーゼによつて行われます。このオキシダーゼによりこの反応が進み、紅茶特有の色と香気とが得られます。この意味において葉の窒素化合物もまた非常に大きい意味をもつています。この場合あまりにも多くの蛋白質が葉が持つていないことが必要です。すなわち工場に入つて第一番に行われる過程——萎凋過程——つまり揉捻する前の過程でこの蛋白が分解されることが重要です。もしこれが十分に行われないと蛋白はタンニン酸化酵素を吸収し、その結果さつぱり香気のない、いわばからのお茶を作ることになります。もしかしたら私は間違っているかもしれないが（何故なら、まだよく見ていないので）私の考えるところでは日本の緑茶には多くの蛋白が含まれているような気がします。これは恐らくみなさんが非常に多くの窒素肥料をお茶にやるからではないかと思ひます。これは確かにお茶の葉の収量をたかめるのではありましようが、同時に紅茶にする場合にはお茶の品質を悪くする結果となつてしまうと思ひます。このことは緑茶の製造過程において何ら差支えないことと思ひますが、もちろん緑茶の製造においては茶はすぐに高温で処理されてしまうから、つまり蒸葉をうけるからであります。この際もちろん酵素はその活性を失ひ、先述のタンニンの分解および蛋白分解は緑茶の製造過程ではおこらぬと考えられます。こうしてみるとみなさんの所で多く用いられる緑茶の製造では窒素肥料を多量に与えて窒素化合物を多く含むことは紅茶の場合と異なり、差支えないのではないかと思ひます。わが国では基本的に紅茶を使つていたので、私はお茶に対して窒素肥料を与えすぎないように常に注意しています。

私の持ち時間が来てしまったようなのですが、恐らく私は食品工業に関して説明すべきことをごく簡単にしかのべなかつたのでありましようが、しかもみなさんが興味をもつてゐる醗酵工業については話せませんでした。わが国において行われている農産加工の問題にふれたような気がします。