

## IV. 清涼飲料水としてのトマトジュース類の潜在的危害

### IV-1. トマトジュース類の製造と危害

食品の危害の原因物質は、当然ではあるがその種類によって異なってくる。例えば、厚生省による「魚肉練り製品」と「容器包装詰加圧加熱殺菌食品」の危害の原因物質を比べてみると、前者にはアニサキスやシュードテラノーバ等の寄生虫が対象にされているが、加圧加熱される後者では対象外となっている。一方、後者には残留農薬が対象に入っているが、前者の「魚肉練り製品」からは除外されている。この理由は、魚肉原料では残留農薬が、一方、加圧加熱殺菌食品では寄生虫が危害となる可能性はないと判断されるからである。又、対象となる病原微生物についても両者に違いがみられ、危害の原因物質の特定に当たっては原料、製造法や規格基準等に基づき適正に決定される必要がある。なお、厚生省承認制度の対象食品については危害原因物質が特定されている。

トマトジュース類の内、シーズンパックは生鮮トマトから製造され、濃縮トマト還元は真空濃縮法や逆浸透濃縮法で製造したトマトペーストを水で希釈・混合して、後に示す加工工程（図7参照）で製造される。又、トマトミックスジュースはトマトペーストと各種野菜のパルプを混合して製造される。これらトマトジュース類の製造諸工程において、衛生管理が不備な場合には、以下のような危害が発生する可能性がある。

表4は、多種多様な原材料を踏まえた清涼飲料水の製造において、最低限考慮すべき食品衛生上の危害の原因物質を、総合衛生管理製造過程への適用を想定してリストアップされたものである（藤原1999）。

トマトジュース類の製造における危害物質を、文献等に基づき検討すると、表4の○印で示した生物学的、化学的並びに物理的の危害を考慮しなければならないであろう。

**生物学的危害：**腐敗微生物はトマトジュース類に限らず、すべての製品の原材料や製造環境から汚染し、製品に残存する可能性がある。トマトジュース類での腐敗微生物は、製造工程において、果実等に付着する土壌微生物の持ち込みや腐敗果の混入等により汚染される。すなわち、原材料及び製造環境由来の生物学的危害を引き起こす可能性がある。

病原微生物については、果実・野菜の生産段階での汚染実態、あるいは「総合衛生管理製造過程」の承認基準における過去の検討経過等を参酌して、トマトジュース類の製品特性を考慮してセレウス菌、サルモネラ菌、黄色ブドウ球菌、病原大腸菌をリストアップする必要があると考えられる。

**化学的危険：**化学的危険としては、食品衛生法に基づく原材料の成分規格が定められている重金属及びその化合物、農薬について考慮しなければならない。さらには混入するおそれのある原料の洗浄剤及び殺菌剤についても考慮する必要がある。特に、トマトジュース類では、原料果実に付着する農薬及び CIP 洗浄に伴う各種洗浄剤には特に注意しなければならない。

CIP 洗浄方式は、密閉系で洗浄されるために外気に暴露される機会が少なくなり、交差汚染や食中毒危害が著しく減少する。しかし、一方では製造ラインが複雑、かつ長くなるために微生物汚染やパイプライン内部のバイオフィーム等に基づく微生物汚染、さらには洗浄剤等の薬剤に起因するの問題が依然として残っており、十分配慮しなければならない。



#### IV-2. トマトジュース類の生物学的危害

トマトジュース類は、分類の項で示したように、pH4.6 未満のいわゆる酸性飲料に属している。トマトジュース類を含む清涼飲料水の pH は、微生物危害の発生の限定要因となり、かつ極めて重要な品質管理要因でもある。各種清涼飲料水の pH の違いと生育可能な微生物との関係を模式的に示すと、およそ図 5 のようになる。すなわち、清涼飲料水全体の危害微生物としては、カビ、酵母、無孢子細菌、有孢子細菌及びボツリヌス菌等とされており、それぞれの清涼飲料水の pH 域によって、これら微生物を管理の対象として考慮しなければならない。なお、水分活性については、トマトジュース類はもち論のこと清涼飲料水の多くは 1.0 に近く、危害管理の指標とはならない。

腐敗微生物は、トマトジュース類では重要な危害物質であり、中でも問題となる菌としては耐酸・耐熱性のある *Bacillus coagulans* 菌(最低発育 pH3.85)、*Clostridium pasteurianum* (pH 3.55)、*Lactobacillus brevis* (pH4.0 以下でも発育)、*Byssoschlamys fulva* (pH4.0 以下でも発育) 等があげられる。

又、近年 *Alicyclobacillus acidoterrestris* 菌 (pH2.0) 及び *A. acidocaldarius* 菌 (pH2.5) が、果汁飲料等の酸性食品における新しい腐敗微生物として、1984 年ドイツでリンゴジュースでの腐敗事故が報告されて以来注目されるようになったが、最近、わが国でも確認の報告がなされている。本菌の変敗様式はフラット・サワー様であるため、発見が遅れると経済的損失が大きくなる危険性があり、かつ耐熱性 (60 °C 付近) のある有芽胞細菌であるため、通常の果汁の pH 域や加熱殺菌では制御が難しいので厄介な腐敗微生物である。

*A. acidoterrestris* 菌の場合、酸性領域では現在トマトジュース類の殺菌の指標となっている *B. coagulans* 菌と同等又はそれ以上の耐熱性を有すると考えられており、*B. coagulans* 菌と共に管理の対象にしなければならないと考えられる。

酸性飲料中で発育可能な食中毒に関わる主要な病原微生物は表 5 のとおりであり、セレウス菌、サルモネラ菌、黄色ブドウ球菌及び病原大腸菌等であるが、いずれも重要な食中毒菌である。

トマトジュースの pH は、4.07 ~ 4.38 の範囲 (表 8) にあり、食品衛生上特に重要なボツリヌス菌 (*Clostridium botulinum*) は、pH4.6 以下では発育しないと言うのが定説となっている。従って、トマトジュース類の通常の pH 域では生育しないとの報告があるので、危害の対象から除外してある。なお、*Aspergillus* 菌の一種を人為的に培地に接種すると pH が上昇し、ボツリヌス菌が増殖してトキシンを産生したと言う報告 (Odling ら、1979) もあるが、実際のトマトジュースでの報告はない。

表 5 酸性飲料に関係する主要な食中毒菌の最低発育 pH

微生物		最低発育 pH
<i>Bacillus cereus</i>	(セレウス菌)	4.3 ~ 4.9
<i>Salmonella</i>	(サルモネラ菌)	4.05* ~ 4.30**
<i>Staphylococcus aureus</i>	(黄色ブドウ球菌)	4.0 ~ 4.7
<i>Escherichia coli</i>	(病原大腸菌)	4.3 ~ 4.4

\* クエン酸、\*\* リンゴ酸に基づく pH での最低発育 pH

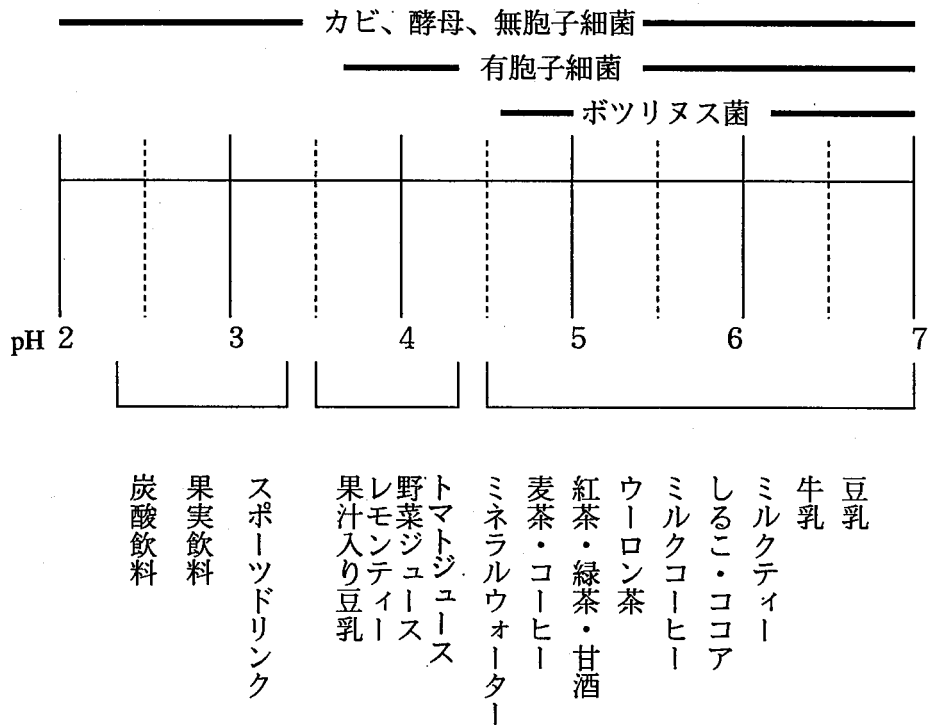


図5 清涼飲料水の pH 域と生育可能な微生物 (松田、1986)

トマト果実には、表6に示すように細菌、カビ、酵母等が付着している。これらは比較的酸性度が高いトマトジュースの pH 域でも生育可能な微生物で、これらが増殖して変敗を引き起こす。一般に真菌のカビや酵母の胞子及び細菌類の多くは、60～65℃、5～10分間の加熱で死滅する。

一方、殺菌不足により、これらの微生物により変敗が起こるとガスが発生するため缶が膨張する。そのため、収穫後の果実の滞荷によるカビや酵母等の増殖による変敗を防止するために、トマト果実原料は収穫後24時間以内に加工処理に廻すのが理想的である。

トマトジュース類は、先に述べたようにトマトジュース(シーズンパック)、濃縮トマト還元及びトマトミックスジュースが製造されているが、危害微生物の上からみると、一部の加工工程での汚染を除けば、ほぼ同一とみなして差し支えない。

洗浄と選別工程では、果実表面に付着した微生物数の減少はもとより、病害果実、裂果及び腐敗果実等を排除しなければならない。この工程で、洗浄・選別が不十分となり、かつ一部の腐敗した不良果実の混入が顕著な場合に、製造工程中の滞留が重複して起こると、微生物が増殖して品質低下を起こす危険性がある。特に加熱工程前の破碎工程では、装置にトマト破碎物が付着すると、長時間稼働中に微生物が増殖しやすい環境条件となる。又、クエン酸資化微生物の混入により pH が 4.5 を越えると、本来トマトでは生育し得ない耐熱性の高い芽胞形成菌の増殖が可能となることがあるので注意を要する。殺菌温度や充填温度が不適切であったり、容器の洗浄が不十分であったり、巻締等の密封性が不完全な場合は、生残菌や冷却水の吸い込みにより、酸敗や膨張を起こしたり、異臭・異味の発生につながる危険性がある。中でも、*Leuconostoc mesenteroides* 細菌による変敗は、巻締不良

表6 トマト果実原料に生息する主な微生物

細菌	酵母	カビ	
<i>Acetobacter</i> 属	<i>Candida</i> 属	<i>Alternaria</i> 属	<i>Penicillium</i> 属
<i>Aerobacter</i> 属	<i>Hansenula</i> 属	<i>Aspergillus</i> 属	<i>Stemphylium</i> 属
<i>Arthrobacter</i> 属	<i>Mycoderma</i> 属	<i>Botrytis</i> 属	<i>Sepedonium</i> 属
<i>Achromobacter</i> 属	<i>Rhodotolula</i> 属	<i>Cladosporium</i> 属	<i>Sclerotium</i> 属
<i>Bacillus</i> 属	<i>Saccharomyces</i> 属	<i>Cephalosporium</i> 属	<i>Ramularia</i> 属
<i>Brevibacterium</i> 属	<i>Torulopsis</i> 属	<i>Fusarium</i> 属	<i>Rhoma</i> 属
<i>Corynebacterium</i> 属	<i>Tolula</i> 属	<i>Geotricum</i> 属	
<i>Crostoridium</i> 属		<i>Helminthosporium</i> 属	
<i>Cytophage</i> 属		<i>Hyalopus</i> 属	
<i>Erwinia</i> 属		<i>Monilia</i> 属	
<i>Flavobacterium</i> 属		<i>Monspora</i> 属	
<i>Lactobacillus</i> 属		<i>Mucor</i> 属	
<i>Leuconostoc</i> 属		<i>Pullaria</i> 属	
<i>Micrococcus</i> 属		<i>Rizopus</i> 属	
<i>Pseudomonas</i> 属			

(木村ら、1974 及びその他資料より作成)

による冷却水の混入によるもので、缶の膨張や pH の低下も起こらず、以下に示すフラット・サワー変敗に類似したものである。

上記の腐敗微生物による変敗とは別に、トマトジュースや缶詰製品において、フラット・サワー変敗として知られる *Bacillus coagulans* 菌 (*B. thermoacidurans* も同じ菌) の増殖により引き起こされる変敗がある。本菌は繁殖しても、pH は多くの場合正常なジュースの範囲内にありガスも発生しないので、缶蓋の膨張はみられず缶表面はフラットのままであるが、異常な刺激臭と苦みのある酸臭を示して食用不可となるところから、フラット・サワー変敗 (Flat-sour spoilage) と言われている。

加熱殺菌に対して高い抵抗性を示すのは有孢子細菌であり、トマトジュース類の pH 範囲で生育可能な有孢子細菌は、中温性細菌である *Clostridium pasteurianum* 菌や通性高温性細菌である *B. coagulans* 菌等の一部に限られる。そのためトマトジュース類の殺菌には、最も熱抵抗性が高い *B. coagulans* 菌を対象とした殺菌 (121 °C、0.7 分) が行われている。これら微生物は、土壤中に生息しており、トマトに付着した土壌とともに処理工場に運ばれる。特に降雨後の果実での付着が多くなるので、晴天に採取することが大切である。

微生物の増殖と関連深い新鮮トマト原料果実及び果汁加工製品の pH を調査した結果を表7と表8に示した。これらの表に示されるように、原料果実での pH 範囲はかなり広い。原料果実の pH が、できるだけ 4.3 以下になるよう栽培法や流通技術を採用する必要がある。一方、トマトジュースの場合、pH は、シーズンパックでは平均 4.24、濃縮還元トマトでは 4.17 の範囲である。又、表9に示されるように、貯蔵期間中の pH の変化が大きいことは、既に知られている。すなわち、貯蔵日数が増加するにつれて減酸が急速に進み、

特に5日以降になると、pHが4.3を超えるものが多く生じるので注意を要する。現在トマトジュース類工場においては、原則としては採取後の原料果実は24時間以内に加工処理に仕向けられているのもそのためである。

表7 生鮮トマト果実原料の5年間のpHの変化

年次	平均 pH	pH 範囲	測定トマト個体数
1954	4.23	3.98 ~ 4.45	200
1955	4.34	4.11 ~ 4.60	100
1956	4.35	4.10 ~ 4.71	150
1957	4.32	4.10 ~ 4.75	175
1958	4.25	4.19 ~ 4.32	100

(木村ら、1974)

表8 1991年産トマトジュース(シーズンパック)及び濃縮トマト還元のパHの変化

果汁種類	シーズンパック	濃縮トマト還元
調査工場数	9	8
試料数	25	24
pH 最高	4.38	4.32
pH 最低	4.15	4.07
pH 平均	4.24	4.17

1991年10月分析、(財)全国調味料・野菜飲料検査協会調べ

表9 トマト果実原料の貯蔵期間中におけるpHの変化

貯蔵日数	平均 pH	pH 範囲
収穫直後	4.25	4.19 ~ 4.32
1	4.27	4.25 ~ 4.31
2	4.32	4.27 ~ 4.35
5	4.35	4.30 ~ 4.40
10	4.70	4.50 ~ 4.80

(木村ら、1974)

#### IV-3. トマトジュース類の化学的危険

加工用トマトは生食用とは異なり、露地栽培されるのが一般的であり、最近では省力化のため、機械収穫品種が導入が進められている。又、高品質のトマト果実を安定的に供給するために農薬が使用される。土壌中に存在する重金属類や散布した農薬類は、トマト果実に付着して工場へ搬入される。洗浄工程は、一般的に多層洗浄構成（水洗浄、高圧洗浄や機械洗浄）であり、トマト果実表面に付着した重金属類や農薬等は注意深く除去されねばならない。代表的な農薬であるボルドー液の銅等の重金属は、クエン酸洗浄が効果的とされている。しかし、洗浄濃度、pH やスプレー圧力等の洗浄条件が不適切であったり、回転ラバーディスク方式の機械洗浄装置の機能が十分発揮されない場合は、それらがトマトジュース類の中に残存する危険性があり、危害分析の対象にあげられている。トマトジュース類の加工工程では、トマト本来の品質を維持させるための条件が設定されている。例えば、加熱工程では過剰の熱処理を防止し、脱気工程では酸化の進行を防止し、冷却工程では冷却不足を防止しているが、いずれも設定条件が保持できないと、香味不良のトマトジュース類の製造につながる可能性がある。

トマトジュース類の製造ラインと装置は、定期的に CIP 装置により洗浄され、常に衛生的な環境に保持されている。CIP 洗浄では通常、洗剤としては苛性ソーダや界面活性剤等が使用されるが、最終リンス段階でこれらが残存するとトマトジュース類に混入する危険性があるので、「衛生標準作業手順」に準拠して十分な洗浄に努めなければならない。

#### IV-4. トマトジュース類の物理的危険

無支柱栽培される加工用トマトは、土砂や枯れ葉等がトマト果実表面に付着したまま収穫されやすい。従って、収穫時にこれらの異物混入を減らすように努めることが重要である。加工工場に搬入されたトマト果実は洗浄工程に導入され、果実表面に付着した土砂や夾雑物等を排除するため、通常、水洗浄、薬剤洗浄、高圧スプレー洗浄と機械洗浄が行われる。しかし、それぞれの条件が十分に満たされていない場合、例えば、洗浄槽への果実供給量が過剰であったり、高圧スプレーの水量が不足していたりすると、これらの除去が不十分となり、次工程に持ち込まれる可能性がある。その他の異物（機械器具の破損部分、従業員の所持品、ガラス片、木片、プラスチック等）の混入は、ストレーナが設置されているので、これが破損しない限り、トマトジュース類に混入する可能性は極めて少ない。

食塩添加トマトジュース類の製造では、添加物として許可されている食塩を調合する。調合工程では、通常、PE クラフト袋に入っている食塩を開封して混合する。異物混入防止のためトマトジュースの赤色とは異なる色調の包装材質を採用しているが、調合前室で食塩を別の容器に移し替えてストレーナー付きの調合タンクに投入する方法が好ましい。

#### IV-5. トマトジュース類の過去における危害事例

トマトジュースは、最新の機械装置を備えた専用工場で生産されており、その工程や品質管理は十分行われている。そのため、製造段階でのトラブルによる製品の事故の発生は極めて稀である。最近トマトジュース類はプルトップ缶蓋付きの缶に充填されることが多い。プルトップ缶蓋は開封を容易にするために開発されたものであるが、トマトジュース

類の製造後の流通段階で過度の物理的衝撃が加えられた場合、極めて稀なことではあるが、スコアーの一部が傷害を受けて密封性が保持できなくなり、酸敗事故を起こすことがある。従って製品の取り扱いには注意を要する。

過去における危害事例は、HACCP の危害リストの作成や改善措置のための重要な資料となるので、その実態を明確に調査しておくことが大切である。

#### IV-6. トマトジュース類の殺菌理論と実際

食品の加熱殺菌は、一般には食品の性質や貯蔵・流通されて販売される温度域を考慮して設定され、いわゆる商業的無菌状態にすることにある。商業的無菌状態とは、通常の非冷蔵の貯蔵・流通条件下で、食品中に発育しうような微生物が存在しない状態を指している。従って絶対的無菌状態を意味するものではない。

清涼飲料水の殺菌温度は、食品衛生法によって、先に示した表3のように pH 域によって規定されている。すなわち、pH4.0 未満にあっては 65 °C 10 分間、あるいは同等以上の殺菌を要する。pH4.0 ~ 4.6 未満のものにあっては、85 °C 30 分間あるいは同等以上の効力を有する方法で殺菌を行うこととなっている。

トマトジュースの pH は、表7に示すようにシーズンパックでは、4.15 ~ 4.38=平均 4.24、濃縮トマト還元では、4.07 ~ 4.32=平均 4.17 であり、後者ではやや pH は低くなる傾向があるものの、殺菌条件は pH4.0 ~ 4.6 未満に相当する。又、シーズンパック向けのトマト果実原料において、後期採取果実では pH が高くなる傾向があり、又滞荷の期間によっては pH の変化が起きるので、常時 pH の変化を把握して調整に努めるなり、殺菌条件の遵守に十分注意する必要がある。

上記のように、トマトジュースの pH 域での製造基準としての殺菌条件は、85 °C 30 分殺菌が基本となっているが、実際には安全性や品質管理の上から 121 °C 42 秒の高温短時間殺菌が採用されている。

どのような殺菌加熱処理法を選択するかは、飲料の性質、特に加熱処理による品質劣化の程度、容器及び装置の価格、その他商業的要因等によって決まる。

今、ある微生物を殺菌するのに、110 °C 30 分殺菌と 115 °C 5 分間のそれとでは、どちらが殺菌効果が大きいかを比較するのは困難である。もし加熱温度が同一であれば、時間の長い方が大きいことは容易に判定できる。そこで、殺菌効果を比較するために基準となる温度を決める必要がある。通常温度 100 °C 以上で高圧加熱殺菌する場合には、基準温度を 121 °C とするのが一般的である。これは、古くから微生物学の分野で、実験に用いる培地や器具を 15 ポンド (250°F = 121 °C) で加熱殺菌していたことに由来している。わが国の食品衛生法では 120 °C に規定しているので、この温度を用いて検討することが多い。

殺菌条件を決めるには、対象とする微生物の耐熱性に関する特性値を知ることが必要である。トマトジュース類は、先の表2の清涼飲料水の分類でも示されるように酸性飲料に相当する。しかし、酸性飲料並みの殺菌方法を採用すると変敗が多発して劣化することがある。この変敗の原因は、前述の耐熱性 *B. coagulans* 菌 (生育温度範囲: 28 ~ 60 °C) に起因するもので、トマトジュース中での最適生育温度は 54 °C ~ 60 °C の範囲にある耐熱性変敗菌であることが知られている。この変敗は、前述のようにフラット・サワー変敗と言



われるもので、変敗してもほとんどガスを発生せず缶は膨張しないために、開缶するまで判別できない厄介な菌である。

pH4.5 に調整したトマトジュースでの 250°F (121 °C) での  $F_0$  値は 0.33 分であることが明らかにされている (Berry,1933)。ここで、 $F_0$  値とは一定温度で一定濃度の細菌又は細菌芽胞を死滅させるのに要する加熱最小致死時間を言う。この数値は、実際の新鮮なトマトジュースの *B. coagulans* 菌と同じ *B. thermoacidurans* Strain No.94s を用いた菌数 (20,000 個/ml) での完全な瞬間殺菌時間で見ると 0.73 (分) となることが明らかにされている。又、完全な殺菌を行うためには、1.1 分を要するとの提案もなされている (Wessel and Benjamin)。しかし、通常のトマトジュースでの実際的な品質要因等を考慮した高温短時間殺菌条件としては、 $F_0 = 0.7$  が妥当な条件であるとされており (Sognefest and Jackson (1947)、この殺菌条件が世界的に広く採用されるようになっている。*B. coagulans* 菌は、通常の工場内や製品に大きな被害をもたらすほど生息しているものではないが、原料の貯蔵や果実の洗浄が不適切な場合には加工場内に持ち込まれ、菌種となることが多い。パイプラインの果汁の滞り易いデッドスペースや多孔質の木質系素材では、本菌が増殖し易いので、パイプラインの洗浄や木質系資材を排除することも必要である。

*B. coagulans* 菌を指標にした殺菌は、 $F_0 = 0.7$  分、すなわち 121 °C、42 秒間保持できるホールディング部を通過させて行われる。この後、直ちに 85 °C まで冷却して缶やびん容器に充填・密封した後、充填環境や容器に由来する微生物の殺菌を行うために、熱水や蒸気で 85 °C、10 ~ 15 分間、後殺菌を行う。さらに、冷却水を用いて室温まで冷却して製品化される。参考のため、これと同等となる殺菌温度条件を示すと表 10 のようになる。

表 10  $F_0 = 0.7$  に相当するトマトジュース類の殺菌条件

ジュース温度 F (°C)	殺菌時間・分 (秒)
212 (100)	90 分 (5400.0 秒)
240 (116)	3.3 (198.0)
245 (118)	1.5 (90.0)
250 (121)	0.70 (42.0)
255 (124)	0.32 (19.2)
260 (127)	0.15 (9.0)
265 (129)	0.07 (4.2)

(Leonard, 1971)