

2001年12月

『フード・プロダクト・デザイン』

乾燥プラムが肉にまつわる問題を解決する

<本文>

乾燥プラムが肉にまつわる問題を解決する

ハイディ・クロイツァー（寄稿編集者）

食肉加工品の開発者は、矛盾をはらんだ数々の問題に直面する。公衆衛生に打撃を与え、消費者の信頼を揺るがす多様な病原菌に対して、食肉の安全性をいかに確保するか。消費者を満足させる味や食感を実現するのに十分な水分をどうやって保つか。これは極端に脂肪の少ない肉や加熱済みの肉の場合には特に難しい問題だ。また、加熱済みの肉や調理済みの料理の場合、風味の劣化により食品の味わいを損ねないためにはどうしたらよいのだろうか。

プラムが問題を解決してくれる

フルーツをベースとした 100 パーセント天然の添加物が、こうした食品開発の難問をはねつけ、食肉の品質の証である安全性、風味、水分を守ってくれるとしたらどうだろう。うれしいことに、そんな添加物がちゃんと存在する。乾燥プラム（プルーン）だ。乾燥プラムについて読者はすでに知り尽くしているとお思いかもかもしれないが、それでもよく読んでほしい。フード・プロダクト・デザイン取材班はテキサス農工大学（通称 A&M）とカンザス州立大学の研究チームをふたたび訪ねた（本誌 2001 年 2 月号付録「加熱食肉に対する乾燥プラムの効果が研究で明らかに」参照。インターネット www.CaliforniaDriedPlums.org で閲覧可能）。そしてその後の研究結果から、乾燥プラム添加物が食肉加工品に多くの効果と機能を与えるという研究メンバーの当初の結論を支持する証拠がさらに得られたことを知った。中でも重要なのは次の 3 点である。

- ・細菌を抑制する
- ・水分を保持する
- ・温め直しの味（WOF: warmed-over flavor）を防ぐ

乾燥プラム添加物は WOF を防ぐだけでなく、肉に加えるだけで風味をよくする働きもある。この働きは低脂肪の食肉加工品において特に顕著となる。乾燥プラムに含まれる繊維とソルビトールが水分を保持し、リンゴ酸が風味を高めるおかげだ。リンゴ酸は人間が

本能的に好む脂肪に似た口当たりを生み出すとも考えられている。「乾燥した」フルーツなのに立派ではないか。しかも乾燥プラム添加物はふつう平均重量比わずか 3%の使用でこうした効果を発揮するというのだ。

プラムが食肉の病原菌を抑制する

乾燥プラムのもつパワーについてもっと知るために、まずはカンザス州マンハッタンにあるカンザス州立大学を再訪しよう。長年にわたり食肉病原菌の研究を続けているダニエル・Y・C・ファン博士の研究チームが乾燥プラム添加物の食肉中微生物抑制力を測定している場所だ。

前回カンザス州立大学の研究チームを訪ねたときは、ファン博士と大学院生レスリー・トンプソンがサルモネラチフィウム、病原性大腸菌 O157:H7、リステリアモノサイトゲネス、エルシニアエンテロコリチカ、黄色ブドウ球菌に対するプラム添加物の効果を判定する試験の第 1 段階を終了したところだった。その試験で得られたデータによると、乾燥プラムピューレも未乾燥プラムジュースも使用割合 3%で病原菌を抑制するのに効果的とのことだ。

その後の研究で、トンプソンはカリフォルニア州サクラメントに本部を置くカリフォルニアプルーン協会 (CDPB) から 3 種類の乾燥プラム添加物を入手した。乾燥プラムピューレ、未乾燥濃縮プラムジュース、乾燥プラムとナシの混合パウダーである。トンプソンは抗酸化剤をいろいろな濃度で添加したポークソーセージ (脂肪分約 34%) を作製した。BHA/BHT0.02%、乾燥プラムパウダー3%および 6%、乾燥プラムピューレ 3%および 6%をそれぞれ添加したもの計 5 種類である。抗酸化剤を添加しない対照用のものも作った。またビーフ挽肉 (脂肪分 20%) で、乾燥プラムピューレ 3%、濃縮プラムジュース 3%、対照用無添加の計 3 種類の試験もおこなった。

試験はすべて 5 日間おこない、試験開始日、1 日後、3 日後、5 日後にサンプルを採取した。トンプソンの観察では、未加熱ビーフ挽肉で 5 日目には、乾燥プラムピューレとプラムジュースは対照用のものと比べて細菌抑制率が 1~2 log cfu/g (コロニー形成単位/グラム) 高かった (つまり検査した細菌 5 種類すべてが少なかった) (表参照)。未加熱ポークソーセージでは、5 日目には乾燥プラムピューレ 6%と乾燥プラムパウダー6%のもので病原性大腸菌 O157:H7 とエルシニアエンテロコリチカが大幅に抑制されていた。

トンプソンはこうまとめている。「乾燥プラムを添加すると、未加熱食肉加工品の経口病原菌が抑制できる。ビーフ挽肉に接種した病原菌の抑制率はすべて 1~2 log cfu/g 高くなり、未加熱ポークソーセージでは病原性大腸菌 O157:H7、リステリアモノサイトゲネス、エルシニアエンテロコリチカ、黄色ブドウ球菌および全菌種合計で少なくとも 0.5 log cfu/g 高かった」

さらに、乾燥プラムを添加すると食肉加工後の再汚染防止にも効果がある、とトンプソ

ンは述べている。加熱ポークソーセージでは乾燥プラムピューレ 3%を添加した場合、総菌数が 0.5 log cfu/g 抑制され、乾燥プラムピューレ 3%および 6%で病原性大腸菌 O157:H7 とエルシニアエンテロコリチカが著しく抑制された。

乾燥プラムのめざましい病原菌抑制効果は、食物科学の専門家以外からも注目されている。たとえば『パレード・マガジン』は先ごろ 1 号すべてを食品関連の記事に充て、カンザス州立大学のファン教授と彼の研究を「食品に関する今年一番のグッドニュース」という見出しで紹介した。記事の中には消費者レベルで細菌と戦うためのファン教授からのアドバイスがあった。それによると、病原性大腸菌などの病原菌を抑制するために、家庭では冷蔵庫に入れる前に肉 1 ポンド当たり大さじ 1 杯の乾燥プラムピューレ (1.3 カップすなわち 8 オンスの乾燥プラムを大さじ 6 杯の湯と混ぜたもの) を加えるとよいとのことである。

プラムが肉をおいしくする

次にテキサス州カレッジステーションでおこなわれている乾燥プラム研究を見てみよう。テキサス A&M 大学動物科学部 (食肉科学部門) では、ベテラン研究者で教授のジミー・T・キートン博士の研究チームが長期にわたり乾燥プラム添加物の抗酸化力の研究を続けている。キートンの研究チーム (キ・スン・リー博士、博士候補者のランディ・ボールマンとマリユリ・ヌニェスら) は、プラムのフェノールクロロゲン酸とフェノールネオクロロゲン酸が、フリーラジカルに誘発される脂肪酸酸化を妨げるという仮説を立てている。この酸化こそが、例のボール紙に似たいやな味の原因だ。一般に「温め直しの味」(WOF) と呼ばれるこの味は、肉においてはまったくありがたくないし、加熱済みの肉では特に気になるものである。

前回取材班が訪ねたときには、A&M 研究チームのメンバーはポークソーセージにおける乾燥プラムピューレの抗酸化能を 2-チオバルビツール酸試験により調査する研究の第 1 段階のまとめにかかっていた。この試験はマロンアルデヒド含有量を測定し、そこから敷衍して脂質の酸化を測定するものである。(マロンアルデヒドは脂質の酸化にともなう分解産物なので、その含有量が多いということは、酸化速度が高く、ゆえに WOF が強いということを意味する。) キートンは「乾燥プラムピューレは 3%で酸化による味の劣化を防止する抗酸化剤として効果を発揮することがわかった。標準的な化学抗酸化剤 BHA (ブチルヒドロキシアニソール) と BHT (ブチルヒドロキシトルエン) を合わせて 0.02%で使用すると同等の効果がみられたのだ。加熱済みポークソーセージを冷蔵した場合でも冷凍した場合でも効果があった」と言っている。

プラムを添加した肉の味を評価する

A&M チームはさらに研究を進め、今度は詳細な味覚評価を実施して、乾燥プラム添加物の含有率をさまざまに変えた加熱済みポークソーセージの WOF の許容度と強さの判定を試みた。乾燥プラムピューレ 3%および 6%、乾燥プラムと乾燥リンゴの混合ピューレ 3%および 6%、BHA/BHT 0.02%、そして抗酸化剤を含まない対照用の合計 6 パターンの抗酸化処理サンプルで評価をおこなった。冷蔵サンプルは試験開始日、7 日後、14 日後、21 日後に、また冷凍サンプルは 30 日後、60 日後、90 日後にそれぞれ評価した。

味覚評価には前の試験と同様、ポークソーセージを用いた。脂肪含有量が多い（特にビーフ挽肉と比べて多価不飽和脂肪酸が多い）ことから、酸化による味の劣化の生じる可能性が大きいためである。（不飽和脂肪が多いほど酸化が起こりやすい。）

A&M 大学の知覚試験所で、評価担当グループは加熱ポークソーセージのサンプルを評価するための訓練を受けた。評価項目は、風味（加熱豚肉・肉汁の風味、加熱豚肉脂肪の風味、スパイシーな風味、酸敗した風味、ボール紙様風味、ペンキ様風味、生臭み、プルーン・プラムの風味、セージの風味、焦げ目の風味、ビネガーの風味）、基本的な味（塩辛味、酸味、苦味、甘味）、えぐみ（金気臭さ、渋み）、口当たり（コショウの刺激感）、あと味（セージ、コショウ、塩、甘味、プルーン、酸味）、食感（ジューシーさ、きめ、口どけ、弾力性、固さ、まとまり）とした。各項目は、まったく感じられないことを表す 0 点から、極めて顕著であることを表す 15 点までの 16 段階で評価した。「基本的に、味、風味、食感がどの程度変化するかを解明するための手段として、訓練を受けた味覚評価グループを使ったのだ」とキートンは説明する。

すべてのサンプルを比較して、風味で違いが記録されたのは、加熱豚肉・肉汁の風味、加熱豚肉脂肪の風味、スパイシーな風味、プルーン・プラムの風味、セージの風味の 5 つだった。加熱豚肉・肉汁の風味、加熱豚肉脂肪の風味、スパイシーな風味、セージの風味では、対照用と BHA/BHT 添加のサンプルが最高点を取った。乾燥プラムピューレの含有率が高いほど、これらの風味は弱くなった。「乾燥プラムピューレを入れると製品がまろやかになった」とキートンは言う。「また、甘味は強く、苦味と塩辛味は弱くなった」

当然のことながら、プルーン・プラムの風味は乾燥プラムピューレを添加したサンプルが最も強かった。塩辛味と苦味が一番強かったのは対照用と BHA/BHT 添加のサンプルだった。コショウの刺激感でも、対照用と BHA/BHT 添加のサンプルは乾燥プラムピューレ添加や乾燥プラム・リンゴピューレ添加のサンプルを上回った。弾力性は、乾燥プラム添加物を含むサンプルのほうがやや低かった。乾燥プラム添加物を加えることにより、脂肪含有量が若干少なくなるからかもしれない。

担当グループによる評価では、どのサンプルでも、ジューシーさ、きめ、口どけ、まとまりには違いが認められなかった。しかし化学組成検査をおこなったところ、すべてのサンプルで肉固形分の比率の低下により水分含有量が多く、脂肪含有量が少なくなっていることが判明した。水分含有量は乾燥プラム・リンゴピューレを添加したサンプルが約 53%と最も多く、BHA/BHT サンプルが約 52%、乾燥プラムピューレ添加サンプルが約 51%だ

った。抗酸化剤を添加してもタンパク質の割合に影響はみられなかった。加熱による収縮率は 79～82%だった。このように収縮率の幅が比較的広いのは、挽肉のパティというのがもともと加熱による喪失率の変動しやすいものであるためと研究チームでは考え、「乾燥プラムピューレ添加物は天然の保水剤の役割を果たし、肉固形分の比率の低下が 3～6%にすぎなくてもポークソーセージの水分含有量の増加に寄与する」と述べた。

プラムを添加した肉の色を評価する

A&M 研究チームは次に色を取り上げ、表面と内部の色の変化について、lab (L*、a*、b*) 色調値を用いて評価した。表面の L* (色の薄さ) 値は、乾燥プラムピューレ 6%および 3%、乾燥プラム・リンゴピューレ 6%のサンプルで対照用サンプルよりも若干低かった (色が濃かった)。しかし乾燥プラム・リンゴピューレ 3%のサンプルの表面 L*値は対照用や BHA/BHT のサンプルと同じだった。ただし、表面の色が最も濃かった乾燥プラム 6%のサンプルでも、気になるほどの濃さではなかったことを付け加えておく。表面 a*値 (赤み) はどのサンプルでも変わらなかったが、表面 b*値 (黄色み) は対照用サンプルと比べて乾燥プラムピューレ 3%と 6%のサンプルでやや高かった。BHA/BHT 添加サンプルも対照用サンプルより b*値が高かった (黄色みが強かった)。

各サンプルの内部の L*値は表面の L*値と対応し、乾燥プラムピューレ 3%と 6%、乾燥プラム・リンゴピューレ 6%のサンプルで若干低くなっていた。内部 a*値は乾燥プラムピューレ 3%と 6%のサンプルで少々低かったが、乾燥プラム・リンゴピューレ 6%と BHA/BHT のサンプルでは内部の赤みに変化はなかった。抗酸化剤添加サンプルすべてで内部 b*値は対照用サンプルよりも高かった。

消費者はプラムを歓迎

テキサス A&M 大学の訓練を受けたグループによる味覚評価の結果から、乾燥プラム添加物がポークソーセージにどのような影響を与えるかがわかる。さらに、他の食肉に対する影響も推測できる。しかし A&M の研究チームが次に実施した評価の結果を聞けば、食肉加工品メーカーはもっと喜びそうだ。「平均的市民」からデータを集めたのである。研究チームは訓練を受けた評価グループに加え、一般消費者 118 名のグループにもポークソーセージのサンプルを試食させた。グループの反応を分析したところ、「乾燥プラムピューレまたは乾燥プラム混合ピューレを添加した挽肉パティは、対照用サンプルと同程度の評価を得た」とキートンは話している。

具体的には乾燥プラムピューレ 3%または乾燥プラム・リンゴピューレ 3%を添加したサンプルが風味の面で対照用や BHA/BHT 添加のサンプルに匹敵する評価を得たことから、乾燥プラムの含有率がこの程度の製品ならば、どんなにうるさい消費者でも喜んで食べる

であろうことがわかった。ミートボール、ミートフィリング、ピザのトッピング、加熱済み挽肉パティ、生ソーセージ、フランクフルトソーセージ、半加熱ソーセージ、ターキーやチキンのパティ、鳥類肉のソーセージなど、食肉加工品への応用は無限に考えられる。

現実に応用するための添加率としては、すべての面で 3%が最適と思われる。たとえばビーフ挽肉では、添加率 3%のときに理想的な保水状態となる。また、キートンらの一連の研究からわかるように、乾燥プラムピューレが抗酸化剤として効果的に作用するのも 3%のときである。このことから、巷でよく聞く「よいものは少量でも大きな効果を発揮する」という文句は、乾燥プラムにも当てはまるといえる。

次のステップ

テキサス A&M とカンザス州立の両大学の研究チームは、乾燥プラム添加物に関する調査データをいろいろなセミナーや会議で発表することになっている。キートンらの研究は『ジャーナル・オブ・フード・サイエンス』に掲載される予定である。テキサス A&M の研究チームは、今度はローストビーフ（10%ブライン注入）と保存処理ハム（15%ブライン注入）を取り上げる計画である。「乾燥プラムや未乾燥プラムの濃縮ジュースを加熱済みローストビーフやハムに注入する。スプレードライの（乾燥プラム）材料をブラインに混ぜたものを評価することも考えている」とキートンは言う。

さらに彼は、乾燥プラムを照射処理と組み合わせた場合の効果の調査も計画している。抗菌処理に照射を単独で用いると、脂肪や筋組織で酸化が生じるために色や味が劣化することがある。キートンは「乾燥プラムピューレを照射処理ビーフ挽肉パティに添加することにより、脂質の酸化を遅らせ、照射処理の過程で生じる味の劣化を抑えることができる」という仮説を立てている。サンディエゴに本拠を置くシュアビーム社と共同で、2002 年初めに調査を開始する予定である。

一方、乾燥プラム添加物を使用した製品を作ることに前向きな食肉加工品メーカーに対し、カリフォルニアブルーベリー協会は配合のための支援、製品に関するアドバイス、配合例を www.CaliforniaDriedPlums.org で提供している。たとえばイタリアンソーセージ（脂肪分 28%）の基本配合には、重量比でポーク赤身肉 33.7%、ポーク切り落とし 42.3%、乾燥プラム混合添加物（乾燥プラムピューレとリンゴピューレを混合したもの） 3.3%にさまざまな香辛料と加工助剤を加える。ポークよりもターキー加工品やビーフ挽肉について知りたいという要望にもちゃんと応えてくれる。ビーフ挽肉パティ、ターキーミートローフ、ターキーソーセージ、ターキーハンバーグの配合例が協会のホームページで閲覧できる。

乾燥プラム添加物を食肉加工品に配合すると多くのメリットがあることから、プラム（plum）という多機能の材料を食肉に添加することはまさに「有益な（plum）仕事」となるはずだ。乾燥プラム添加物の経済性とクリーンなイメージまで考慮したらどうだろう。さらにオイシイ話にちがいない。

ハイディ・クロイツァーはシカゴ地域のフリーライター。連絡は KreuzerInk@aol.com まで。

カリフォルニア産 乾燥プラム

<2 枚目左ページ コラム>

独立記念日の料理会で、プラムをハンバーガーに入れるとおいしくなることが証明される

2001 年 7 月 4 日付の『サンフランシスコ・クロニクル』紙は、ダニエル・Y・C・ファン博士がカンザス州マンハッタンのカンザス州立大学でおこなっている抗菌研究について詳細に報じた。その中で同紙の好奇心旺盛なスタッフが、ファン博士の乾燥プルーンによる病原菌対策法を実際に食べてテストしている。記者たちはビーフとターキーを使って乾燥プラム入りのハンバーガーを作った。このときは乾燥プラムのベビーフードを材料として使ったが、挽肉 1 ポンドあたり乾燥プラムピューレ大さじ 1 杯でもよいとのことだ。(ファン博士は後者を公式に推奨している。)

結果はいかに——。「ピューレがいい仕事をしていて、おいしいウェルダンのハンバーガーだったと感想を述べる試食者もいた」と同紙は伝えている。さらに、乾燥プラムのおかげでビーフハンバーガーのビーフの風味が増していた。またハンバーガー全種類、とりわけ赤身肉とターキーのもので水分含有量が多くジューシーな味わいだった。

ハンバーガーのテストは風味の面でよい成績をもうひとつ残した。翌日、「すべて冷蔵しておいたのだが、プルーンの入ったビーフとターキーのハンバーガーは、プルーンの入っていないものと比べてずっとできたてのような味がした」と記事は報告する。ということは、乾燥プラムは病原性大腸菌やサルモネラ菌、リステリア菌などの細菌の活動を抑制するだけでなく、食品をもっとおいしく風味豊かにすることもできるのだ。

<3 枚目右ページ コラム>

乾燥プラム豆知識

・乾燥プラムは、フリーラジカルの反応をどれだけ抑制するかの指標である ORAC (酸素ラジカル吸収能) の値が高い。一般的に食用される野菜や果物のうちで、乾燥プラムは 100 グラム当たり 5,770 と最も高く、未乾燥のプラムも 949 とかなり高い。米国農務省とタフツ大学によると、他の野菜や果物では、レーズンが 2,830、ブルーベリーが 2,400、ケールが 1,770、イチゴが 1,540、ホウレンソウが 1,260、ビートが 840、サクランボが 670、ナスが 390 である。

・乾燥プラムは、天然の保水剤であるソルビトールと繊維、風味を高めるリンゴ酸の含有率が高い。

・米国のプラムはほとんどがカリフォルニア産で、乾燥プラム添加物はプチ・ダージャン種を原料としている。この種は糖度が高いため、発酵せずに乾燥させることができる。乾燥プラムの平均年間生産量は20万トンである。

<4枚目 表>

プラムは未加熱ビーフ挽肉の病原菌を抑える

新鮮なビーフ挽肉を使い、5種類の病原菌に対する乾燥プラムピューレと未乾燥プラムジュースの抑制効果を検査した。結果は下の表のとおり。

| 添加物 | 日数 | 全菌種 (log cfu/g*) | サルモネラ チフィムリ ウム (log cfu/g) | 病原性大腸 菌 O157:H7 (log cfu/g) | リステリア モノサイト ゲネス (log cfu/g) | エルシニアエ ンテロコリチ カ (log cfu/g) | 黄色ブドウ球 菌 (log cfu/g) |
|----------------------|----|---------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|
| 対照用 | 0 | 5.06 ^a | 4.30 ^{ab} | 4.25 ^a | 3.80 ^{ab} | 3.92 ^a | 3.69 ^a |
| | 1 | 6.56 ^{bc} | 5.23 ^c | 5.37 ^b | 3.85 ^{ab} | 5.46 ^b | 4.63 ^{bc} |
| | 3 | 7.14 ^c | 4.90 ^{bc} | 6.85 ^{cd} | 3.71 ^{ab} | 6.68 ^c | 4.46 ^{bc} |
| | 5 | 8.79 ^d | 5.16 ^{bc} | 7.52 ^d | 4.21 ^b | 6.97 ^c | 4.77 ^{bc} |
| 乾燥プラ ムピュー レ3% | 0 | 5.00 ^a | 4.25 ^{ab} | 4.36 ^a | 4.05 ^{ab} | 3.99 ^a | 3.98 ^{abc} |
| | 1 | 5.80 ^b | 4.94 ^{bc} | 4.82 ^{ab} | 4.02 ^{ab} | 4.90 ^{ab} | 4.23 ^{abc} |
| | 3 | 6.54 ^c | 4.57 ^{bc} | 5.17 ^b | 3.60 ^{ab} | 5.32 ^b | 4.02 ^{abc} |
| | 5 | 7.30 ^c | 4.03 ^a | 5.57 ^c | 3.52 ^a | 5.21 ^{bc} | 3.94 ^{abc} |
| 未乾燥プ ラムジュ ース3% | 0 | 5.01 ^a | 4.30 ^{ab} | 4.18 ^{ab} | 3.85 ^{ab} | 3.86 ^{ab} | 4.20 ^{ab} |
| | 1 | 6.11 ^{ab} | 4.68 ^{bc} | 4.66 ^{ab} | 3.76 ^{ab} | 4.60 ^{ab} | 4.36 ^{abc} |
| | 3 | 7.13 ^{bc} | 4.59 ^b | 5.48 ^b | 3.77 ^{ab} | 5.12 ^b | 4.37 ^{ab} |
| | 5 | 7.26 ^c | 3.76 ^{ab} | 6.50 ^b | 3.48 ^a | 6.46 ^b | 4.14 ^{ab} |

*log colony-forming units (コロニー形成単位) /g

注：^{a-d}の記号は、データ間に有意な差（有意水準 0.05 未満）がないことを示す。

資料提供：カンザス州立大学（カンザス州マンハッタン）