

# アガベの特徴と機能

(株)アガベ 小嶋 良種

本稿は約40年前に渡墨し、現地でメキシコ原産アガベから日墨共同研究によりアガベインの製造を立ち上げたグアダハラ自治大学・小倉哲也教授と共同執筆した「アガベから造られるテキーラ、イヌリンなどの製品およびイヌリンの研究報告<sup>1)</sup>」に基づいて記載した本文に、「今後の課題と展望」を書き加えたレポートである。

## はじめに

アガベは乾性気候であるメキシコ国に原生する、見かけがアロエに似た多肉質の植物であり、国内ではリュウゼツランとして親しまれている。アガベはメキシコの砂漠で安定して栽培されており、気候変動に強いいためその生産量は安定している。アガベからはアガベ抽出液のアルコール発酵でテキーラ、プルケなどアルコール飲料が製造される。その際の発酵本体はアガベに高濃度に含まれる良質のイヌリン（以降アガベインとする）の加水分解産物である。また、アガベシロップはアガベインを加水分解して得た果糖を濃縮して製造される。アガベインの製造を目指すとき、加水分解の容易さが大きな障害になるうえ、植物の抽出液には植物由来の加水分解酵素、イヌリナーゼが含まれている。

イヌリンは、チコリ、キクイモ、タマネギ、ニラ、ニンニク、ゴボウ、甘藷やバナナなど自然界に広く分布する多糖類であり、古くから人間が摂取してきた食材で食物繊維のひとつである。その性質は澱粉とは異なり水に溶けるが、人体の消化酵素の影響を受けないので吸収されない。現在イヌリンは水溶性食物繊維として、整腸作用や血糖値の上昇抑制、デトックス(解毒)作用、血中脂質の低減など多くの効果が証明されている。特にアガベから抽出製造されたア

ガベインは、他の天然イヌリン（主にチコリイヌリン）と比較して含有率（25～30%）が高く、高水溶性で精製が容易という特徴を持つ。

イヌリンと他の食物繊維との最も大きな違いは、一般に食物繊維はミネラルの吸収を阻害するが、イヌリンはミネラルの吸収を高めることが明らかにされてきた。

アガベが先史時代から主食として常食されていた事実は遺跡のコプロライト(糞化石)や歯の化石などから知られており、C<sup>14</sup>を使った年代測定法で、9000年前からアガベが食用されていた事が分かっている。

## 1. テキーラ

テキーラはハリスコ州の首都グアダハラ市の郊外50km位のところにある標高3,000mほどの山の名で、その麓、標高1,000mほどにテキーラ村があり、100以上のテキーラ醸造所が集まっている。この蒸留酒は約250年前、スペイン植民地時代に造り出された。砂漠地帯に生育するアガベは脇芽(イフエロ、hijuelo)が地上に顔を出した時から苗にするまで約1年、植苗後約6年と計7年をかけて成熟する。たっぷり水と栄養分を蓄えたピーニャ(写真1)を、砂漠の中で飢えと渇きに苦しんでいる動物や昆虫がよだれを流して狙っている。そのため外敵に対する防御に多大の投資を怠るわけにはいかない。幹を取り囲んだ葉の先端は鋭く、硬い棘で守り、また鋭い小さな棘で縁取られている。少し触れるだけで激痛が走る。棘には痛みを促す物質が塗られている。

葉を落としてテキーラ製造に供されるピーニャは年間を通じて収穫され、テキーラ蒸留所でボイラーのスティームで30時間ほど加熱された後、放冷し取り出される。次いで、ロール・ミルで絞りが

写真1 ピーニャ(アガベの茎:30~50kg)



ら、水を噴射して糖類を抽出する。糖分濃度を12～14%に調節し発酵槽で発酵させた後、銅製の蒸留器でアルコール濃度を上げ、ステンレス製蒸留器でテキーラ(アルコール度40%)にする。

## 2. アガベシロップ

アガベのイヌリンを加水分解して得られるアガベシロップは爽やかな甘味があり、大変美味である。アガベシロップの主成分は果糖なので、吸収された後ブドウ糖に異性化したものだけが血糖値を上昇させるので、糖尿病に優しいと考えられている。アガベシロップのグリセミック指数(GI値)は17と報告されている<sup>2)</sup>。これはブドウ糖による血糖上昇を100とし、同重量のアガベシロップを摂取した時の血糖値上昇を表す。

## 3. イヌリン

イヌリンは水溶性食物繊維に分類されているほか、プレバイオティクスとして大変重要な役割を果たす。人類を含めほとんどの動物はイヌリン加水分解酵素を持たないので、吸収されず大腸に無傷でたどり着く。マイクロフローラ(菌叢)のなかにイヌリナーゼを分泌する菌があり、特に有益菌の代表、ビフィズス菌が有名だ。したがってイヌリンを含んだ食べ物を摂取すると、ビフィズス菌が優先的に増加し有害菌の繁殖を抑える。そ

のうえ、イヌリンの発酵過程で多量の乳酸などの有機酸が増え、ミネラルの吸収効率を高める。何よりも便秘はてき面に改善される。

**[アガベイヌリンの溶解度及び分子構造]**

アガベイヌリンは非常に水に溶けやすく、75重量%以上の水溶液が得られる。言い換えれば1gの水があれば3g以上のイヌリンを溶かすことができる。この驚くほど大きな溶解性はアガベイヌリン分子と水分子との間の強い親和力に加えて、アガベが分枝鎖の多いイヌリンを合成するためである(図1)。この時には、果糖ないしブドウ糖1分子が3分子の水に溶けている事になる。この時の水分子は容易には取り除くことが出来ない。すなわち大きな保水性をもつことになる。

**[アガベイヌリンの栄養学的性質及び特徴]**

**(1) 難消化性とプレバイオティクス**

砂漠地帯で無農薬栽培できるアガベイヌリンは、残留農薬の混入する恐れがほとんどない。また、よく知られてきた他の天然イヌリンは直鎖のため溶解度が低い。一方、アガベイヌリンは分枝鎖構造をもつため、重合度はチコリイヌリンの2倍以上で、その重合度は150を

超えて分布するが、異常と言える程高い溶解性をもつ。ヒトはイヌリン分解酵素(イヌリナーゼ)を持たないためイヌリンを消化できないが、腸内細菌叢により生じた有機酸などの発酵生産物を吸収できるので、そのエネルギー値は2kcal/gと解釈される。

**(2) 低水分活性<sup>3)</sup>**

水分活性は微生物による変敗を防止する際の指標として用いられ、活性値が低いほど変敗防止効果が高い。75%アガベイヌリン溶液の水分活性は0.83と低い。水分活性は微生物による変敗を防止する際の指標として用いられ、活性値が低いほど変敗防止効果が高い。水分活性が0.80に近づくと、微生物(細菌、酵母、カビ)は発育しなくなる(FDAの基準は0.85である)。それゆえ水分活性の高い、油断すれば腐敗する食品などにイヌリンを添加し、味を大きく変えないで水分活性を落とすことができる。

例えばリンゴ100%の天然果汁を30%、イヌリンを55%使ったシロップ状の製品の水分活性は0.73と非常に低く、微生物の繁殖しにくい製品になる。

**(3) 浸透圧<sup>3)</sup>**

フジFF5%溶液の浸透圧(29.5 mOsm/kg)は砂糖1%溶液の浸透圧とほぼ等しい。フジFFは砂糖と比較して浸透圧が低く、浸透圧性の下痢を起こしにくい。アガベイヌリンの浸透圧は5%溶液で23mOsm/kgと比較しても、その浸透圧は20%以上低く、アガベイヌリンは浸透圧性の下痢を起こしにくいと言える。

**(4) ミネラルの吸収促進  
最も天然に近い状態で抽出し**

たアガベイヌリンは難消化性でプレバイオティクスの働きをもつ。アガベイヌリンがカルシウムの吸収を高めることに関しては、大阪市立大学医学部との共同研究(出納試験)により明らかにしてきた(図2)。

**4. 今後の課題と展望**

今後の課題としては、QOL(生活の質)の向上に必要なヘルスケアに最も要求される「食品の評価」を如何に行うかが重要課題である。特に体内では絶対に造れない必須ミネラルの体内への吸収をアガベイヌリンが高めるが、そのことを簡便にチェックする方法はこれまで皆無であった。

口から摂るカルシウムの量が不足すると血液中のカルシウム濃度が下がり、それを補うために大切な骨や歯を溶かして血液中の濃度を一定に保つのに、大量のカルシウムが血液に流れ込み、血液から溢れたカルシウムが血管や脳に溢れる。このように口から摂る経口カルシウムが不足すると、体の中ではかえってカルシウムが溢れるという不思議な現象を「カルシウムパラドックス」として、25年以上前に藤田拓男教授が提唱した<sup>4)</sup>。

最近そのことが放射光(スプリング-8)を用いた蛍光X線分析により、毛髪1本で実証された<sup>5)</sup>。カルシウムの経口摂取が十分なヒトの毛髪中のデータはほぼ同じ(低)値になる。口からのカルシウム摂取不足のヒトは、カルシウムパラドックスにより毛髪中のカルシウム値が高くなる。摂取不足が続くと乳がんの発症など疾病リスク率が高くなることも指摘されている。

放射光での測定は経費がかかり過ぎるため、国内で開発された卓上型蛍光X線分析装置を用いて、放射光のデータとの比較検討により低コストで類似のデータを得ることが可能になった<sup>6)</sup>。図3は16人の被験者に対して、図2でカルシウムの吸収を高めることを明らかにしたアガベイヌリン入りカルシウムサプリメントの摂取前と摂取後のカルシウム値を毛髪1本で検査した結果である。サプリメント摂取後、全員でカルシウム摂取量は改善され、経口でのカルシウム摂取量(0.025以下)が全員充足したことを示している。

これまで吸収が良いとされて多くのカ

図1 イヌリンの推定構造

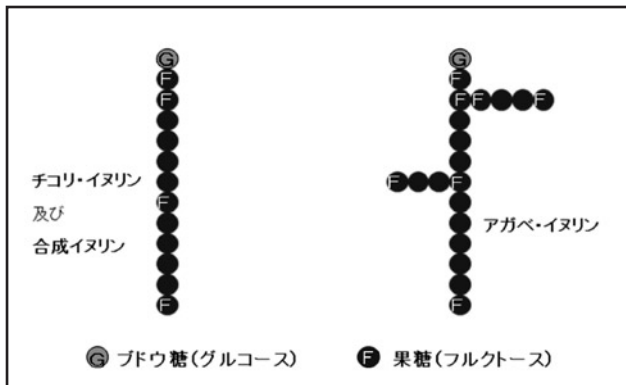
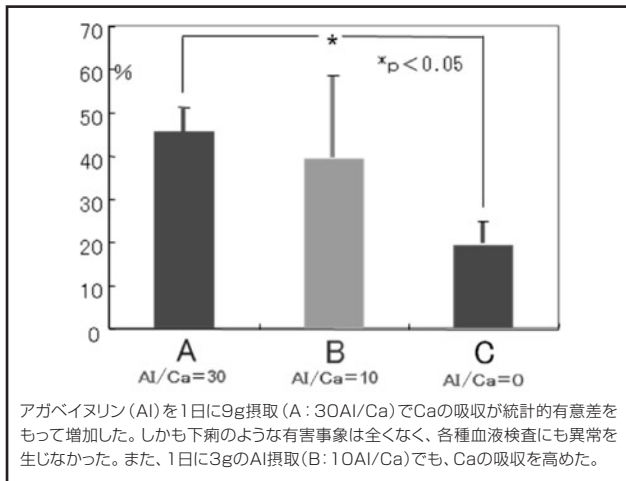


図2 ヒト試験によるカルシウム(Ca)吸収率



ルシウムなどミネラルのサプリメントが販売されているが、筆者の知る限りでは、簡便にミネラルの吸収を確認した知見はこれまでに得られていない。

この度、卓上型蛍光X線分析装置により栄養素としてのカルシウムの充足・不足を毛髪1本で簡便に判断できる手法により、栄養素としてのカルシウムの経口摂取を明らかにし、健康を維持し、疾病を減らすことで、QOL向上に大い

に貢献することが可能になる。

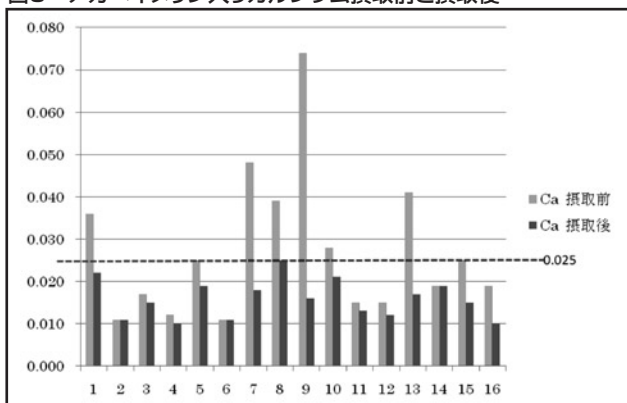
## あとがき

メキシコの砂漠で、水を有効利用して安定的に生産されるアガベ植物から、最も天然に近い状態でアガベインリンが抽出される。アガベインリンはアガベシロップやテキーラの原料となるが、他のインリンと比べてその含有率が25~30%と高く、難消化性でプレバイオティクスの働きを有し、便秘を解消しミネラルの吸収を高める。

アガベインリン粉末から造られた顆粒は冷水にも良く溶け、不足しがちな食物繊維を簡便に補える食材である。

1万年近く続く食材は珍しく、砂

図3 アガベインリン入りカルシウム摂取前と摂取後



漠の緑化、地球温暖化の解消にも有効なアガベを、人類は今後食品リストに加えるだろう。

### 〈参考文献及びノート〉

- 1) 小倉哲也、小嶋良種：FFIジャーナル、212 (10)、872-884 (2007)
- 2) Glycemic Index Laboratories, Toronto, Ontario Canada
- 3) 日本食品分析センター
- 4) 「カルシウムパイブル」藤田拓男著、あき書房 (1985)
- 5) 「毛髪で分かる乳がんの前兆と発生」千川純一ら、放射光、18、84-91 (2005)
- 6) 「蛍光X線分析法による生体内金属元素検査方法」小嶋良種ら、特願2010-244805

### 〈著者略歴〉

小嶋 良種(こじま よしたね)

- 02年 大阪市立大学大学院理学研究科教授定年退官
  - 02年 (株)有田酵素化学研究所研究開発部長
  - 04年 大阪市立大学特任教授
  - 06年 (株)アガベ代表取締役、現在に至る
  - 09年 (株)エルハーブ代表取締役、現在に至る
  - (株)エルハーブは、卓上型蛍光X線分析による毛髪1本でのカルシウム(ミネラル)の検査会社として2009年12月に起業
- 趣味: スキー、山登り、囲碁

## 第3の天然系甘味料「アガベシロップ」——日本市場で拡大の可能性

アガベシロップは、メキシコで栽培されているアガベ(リュウゼツラン科)の株を原料として搾汁して製造される。果糖が多く甘さは砂糖の1.3倍と高いが、クセがなく後を引かない爽やかな甘味質が特徴。甘味の高さが量を控えることにつながるため、結果的にカロリーダウンとなる。GI値は21程度と極めて低く、血糖値が上がりにくい。また、水溶性食物繊維であるインリンを1~2%含む。メキシコのアグスカ州テキーラ村で栽培されている高級テキーラの原料となるリュウゼツラン科アガベ属ブルーアガベを原料としたシロップは、特に「ブルーアガベ」としてブランド化されている。

メキシコからのアガベシロップ輸出量はこここのところ右肩上がりに伸びており、欧米の健康志向の高い人を中心に市場を広げている。日本でもここ2~3年で飛躍的に認知度が高まってきた。また、アガベは病害虫に強く農業を必要としないため、オーガニック食品としても人気が高く、マクロビオティック、オーガニック専門店、インターネットなどで広がってきた。蜂蜜、メープルシロップに次ぐ「第3の天然系甘味料」として注目度が高い。

また、アガベシロップをジャムに利用したりフルーツを漬け込んだりした使い方もみられ

る。アガベシロップがフルーツの自然な甘さをうまく引き立てており、今後このような加工食品への利用も進むものと思われる。

「アイデアプロモーション」は、メキシコのアガベサプライヤーであるアイデア社の製品を日本で販売している。アイデア社は1996年にアガベシロップ専用工場を建設し、輸出を開始した。利用するアガベは自社農園の栽培品で農園の管理から社員が携り、畑からの一貫生産でトレーサビリティも確か。輸出の増加に伴い畑も拡大してきており、生産規模は大きく、業務用での供給も可能な体制を整えている。工場はHACCP対応工場で、本年はISO22000も取得予定。

同社のシロップは、ブルーアガベ100%の「アイデアナチュラル(ブルーアガベ オーガニックシロップ)」。日本の有機JAS認定も受けている。百貨店や高級スーパー、オーガニック販売店などで小売販売も行っているが、原料供給では業務用での伸びが良いという。本年からはアガベインリンの販売にも取り組む予定で、既に販売されている米国では売れ行きもよいという。さらにアイデアプロモーションがアジア圏の窓口ともなり、今後の中国などのアジア展開の拠点として活動していくという。

トーマイ日本支社はメキシコ・トーマイ社

の日本法人で、トーマイ社の「RYUCA ブルーアガベシロップ PLATINUM」を販売している。トーマイ社のグループ農園で栽培されたブルーアガベのみを原料にしたシロップで、大きな特徴は、シロップがうす透明色でクリアな点。アガベの一番搾りだけを使ったストレートタイプは、製造する際に同社のノウハウでカラメル化させずにできるため、ブルーアガベ本来の色及び風味ともに持ち合わせたナチュラルな仕上がりとなっている。甘みも上品なあっさりタイプである。また、工場では日本国内と同等の厳しい管理体制のもとで品質や衛生管理を行っている。

取り扱いには業務用(286kg、25kg、2.5kg)や小売のボトルタイプ(420g、300g)があり、水溶性食物繊維であるアガベインリンもラインアップする。ここ2年ほどアガベの認知向上と共に急激に伸びてきており、現在ではオーガニックやナチュラル系レストラン、カフェなどで利用が進み、業務用の伸びが良いという。

同社はメキシコのアガベシロップメーカーの支社であることから、アガベに関する情報を的確に素早くキャッチできるというメリットを活かし、アガベに関する正しい情報の発信を心がけている。