

ケフィアニュース

KEFIR NEWS Volume 15. Number 1. (October 1, 2008)

編集・発行者 有限会社中垣技術士事務所 〒593-8328 大阪府堺市西区鳳北町10-39

NAG100 スイート開発の経緯

妻が「膝が痛い」と言ってグルコサミンの錠剤を飲んでいましたが、これが一度に12錠も飲まなければならず、私も試しに飲んで見ますと胃がいっぱいになる感じがしました。純度を上げて摂取量を少なくし、摂取方法も工夫する必要があると考え、添加物を加えず純粋にグルコサミンだけを、ケフィアにトッピングして摂ることを考えました。しかし、当時入手できたグルコサミンは、カニの甲羅を塩酸分解して抽出するグルコサミン塩酸塩しかなく、ケフィアにトッピングすると塩っ辛くて、ケフィアがまずくなってしまうので、このアイデアを断念しなければなりませんでした。

ところが最近になって、焼津水産化学工業が、カニの甲羅を酵素分解してN-アセチルグルコサミンを純粋に抽出する技術を開発したことを知りました。早速これを取り寄せ、ケフィアにトッピングして食べてみると、ケフィアの味を損なうことなく美味しい。それもそのはずN-アセチルグルコサミンは砂糖に近い甘さがあり、焼津水産化学工業では甘味料として用途特許を申請しているということです。難点はグルコサミン塩酸塩に比べ、N-アセチルグルコサミンの原料価格が10倍も高いことです。しかし私たちの体内に存在しているグルコサミンは、グルコサミン塩酸塩でなく、N-アセチルグルコサミンですから、体内での働きが全く違うことが予想出来ます。原料価格が高くても本当に健康に役立つなら純粋のN-アセチルグルコサミンを商品化すべきであると考えて開発を進め、添加物を加えないで顆粒にすることに成功しましたので、NAG100 スイートの商品名で商標登録しました。N-アセチルグルコサミン100%のサプリメントは、日本でただひとつNAG100 スイートだけです。顆粒ですからケフィアのトッピングだけでなく、水なしでそのままのむことも出来ます。N-アセチルグルコサミンは熱にも強いので、コーヒーや紅茶、スープや味噌汁に加えて摂ることも出来ます。サプリメントの新しい摂り方です。

高活性ケフィア菌による豆乳発酵食品作製の試み

日本獣医生命科学大学教授

農学博士 藤澤倫彦

【著者紹介】

日本獣医生命科学大学応用生命科学部食品科学科

食品衛生学教室教授、農学博士（東京大学）

日本細菌学会会員、日本食品衛生学会会員 他

日本ビフィズス菌センター編集委員

日本乳酸菌学会評議員・編集委員

（著書）食品衛生検査指針微生物編、腸内フローラの生態と役割、
プロバイオティクス・プレバイオティクス・バイオジェニックス
最新細菌・カビ・酵母図鑑「*Lactobacillus* 属」担当 他多数



1. はじめに

大豆を熱水で抽出した液である豆乳は、オリゴ糖、イソフラボン、サポニン、タンパク質、レシチン、リノール酸、各種ビタミン類、各種ミネラルなど、大豆由来の機能性成分・栄養成分を含んだ食品である。近年における健康志向の高まりに伴う健康食品ブームから大豆の栄養価と機能が着目され、納豆や豆腐など大豆を原料とする食品に注目が集まっているが、このことは豆乳についても同様であり、その生産量は現在著しく増加している。一方、機能性を有し、且つ、大豆豆乳の異臭除去に有効⁽¹⁾であることも知られている乳酸菌を用いて発酵させた豆乳発酵食品の製造についてもいくつかの試みが報告されているが、用いる乳酸菌の種類によって酸度が異なるようであり⁽²⁾、発酵が不十分な菌種、菌株も存在する。そこで今回、ヨーグルト作製用高活性ケフィア菌を用いて豆乳発酵食品の作製を試み、さらに種々の乳酸菌による豆乳発酵試験を実施し、若干の知見を得たので紹介する。

2. 試験方法

2-1. 高活性ケフィア菌による豆乳発酵食品の製造

2-1-1. 実験材料

豆乳は市販の無調整豆乳（めいらく）を用い、また、スターターとしては高活性ケフィア菌（製造元：ローゼル社；発売元：中垣技術士事務所）を使用した。

なお、本スターターには乳酸桿菌 (*Lactobacillus*) , 乳酸球菌 (*Lactococcus* および *Leuconostoc*) ならびに酵母 (*Saccharomyces*) が含まれている。

2-1-2. 発酵試験

市販豆乳 900 mL を洗浄、滅菌したガラス容器に移し、上記スターター1袋 (1 g) を加え、攪拌の後、25、30、および 35°C の各温度で 16 および 24 時間培養した。培養後、pH、酸度、各種菌数の測定、外観の観察ならびに 10 名のボランティアによる賞味試験を実施した。なお、本実験は 3 回繰り返し、平均値を算出した。

2-2. 各種乳酸菌による豆乳発酵試験

当研究室所有の各種乳酸菌を豆乳に添加し、35°C で 24 時間培養後、pH および生菌数を測定するとともに凝固の有無を観察した。

3. 試験結果

3-1. 高活性ケフィア菌の豆乳における発育性

豆乳を高活性ケフィア菌で培養後の菌数を表 1 に示した。25°C および 35°C 培養における各菌種・菌群の生菌数において低温での *Lactobacillus* 菌数がやや低い傾向にあった以外、顕著な差異は認められなかった。また、同じ温度で培養時間が異なった場合においては、短時間培養での *Lactobacillus* 菌数がやや低い傾向にあった以外、顕著な差異は見られなかった。

表 1. 高活性ケフィア菌を用いて作製された発酵豆乳の pH, 酸度および生菌数 (cfu)

発酵豆乳の性状および菌数	16時間培養		24時間培養		
	25°C	35°C	25°C	30°C	35°C
pH	5.72	5.28	5.24	4.77	4.51
酸度 (%)	0.30	0.40	0.40	0.55	0.70
生菌数 (発酵豆乳1mLあたり)					
乳酸桿菌 (<i>Lactobacillus casei</i>)	1.6X10 ⁷	2.2X10 ⁷	7.0X10 ⁷	・	2.7X10 ⁸
乳酸桿菌 (<i>Lactobacillus plantarum</i>)	5.0X10 ⁷	2.2X10 ⁸	5.8X10 ⁸	・	9.4X10 ⁸
乳酸球菌	7.9X10 ⁸	5.4X10 ⁸	9.4X10 ⁸	・	7.7X10 ⁸
酵母 (<i>Saccharomyces</i>)	2.3X10 ⁴	4.0X10 ⁴	4.7X10 ⁴	・	7.8X10 ⁴

・:試験せず

3-2. 高活性ケフィア菌を用いて作製された発酵豆乳の性状および嗜好性

今回の実験で検討したいずれの条件(温度、時間)でも高活性ケフィア菌は豆乳を凝固させることができた。表1に豆乳を高活性ケフィア菌で培養後のpHならびに酸度を示した。培養温度が高くなるに従って、pHが低下し、同時に酸度が上昇する傾向にあった。24時間培養の発酵豆乳について賞味試験を実施した結果、10名中9名が25℃培養で作製された発酵豆乳の方が35℃でのそれと比較して酸味がマイルドで食べやすいと回答した。一方、35℃で16時間培養の発酵豆乳は25℃で24時間培養のものと類似しておりマイルドで食べやすいと回答したボランティアが9名おり、また、8名のボランティアが25℃、16時間培養では発酵食品としては酸味が少なく物足りないと回答した(表2)。

表 2. 高活性ケフィア菌を用いて作製された発酵豆乳の賞味試験

培養条件	主な感想
25℃、16 時間	食べやすいがあまり発酵が進んでいない感じで酸味が感じられない
35℃、16 時間	マイルドな酸味で食べやすい
25℃、24 時間	35℃で16 時間培養のものと酷似しており食べやすい
35℃、24 時間	酸味が強く、25℃で24 時間培養のものに比べて食べにくい 果汁、フルーツジャム、フレーバー等を添加すると食べやすくなる?

3-3. 乳酸菌による豆乳発酵試験

乳酸菌による豆乳発酵試験結果を表3に示した。

表 3. 各種乳酸菌による豆乳での発育状況 (35℃、24 時間培養)

菌種	pH	生菌数 (豆乳1mLあたりの cfu)		凝固
		0時間 (接種菌数)	24 時間後	
<i>Lactobacillus gasseri</i> FH-1	6.45	1.2 X 10 ²	3.6 X 10 ⁶	×
<i>Lactobacillus casei</i> FH-2	6.43	1.5 X 10 ³	1.6 X 10 ⁷	×
<i>Lactobacillus casei</i> FH-11	6.44	2.0 X 10 ³	9.5 X 10 ⁶	×
<i>Lactobacillus delbrueckii</i> FH-3	6.47	2.8 X 10 ²	8.0 X 10 ⁶	×
<i>Lactobacillus delbrueckii</i> FH-13	6.46	4.4 X 10 ²	5.0 X 10 ⁶	×
<i>Streptococcus thermophilus</i> A	5.35	1.3 X 10 ²	5.2 X 10 ⁷	○
<i>Streptococcus thermophilus</i> B	6.38	1.1 X 10 ²	4.0 X 10 ⁵	×

供試された全菌株において菌数が増加しており発育が認められた($10^5 \sim 10^7$ cfu/1mL 豆乳)が、このうち豆乳を凝固させたものは *Streptococcus thermophilus* A 株のみであった。

4. 考察

牛乳中に含まれる主な炭水化物は乳糖であり、ヨーグルトのスターターがこれを発酵して乳酸を産生し、牛乳中のタンパク質を凝固させてヨーグルトができるわけであるが、ヨーグルト様の豆乳発酵食品が作製できるか否かは使用するスターターに豆乳に含まれる糖質を資化する能力が存在するか否か次第ということになる。今回、使用した高活性ケフィア菌は豆乳に含まれる糖質を資化して酸を産生していることが確認されたことから、発酵豆乳の作製に極めて適していると考えられた。一般に、ヨーグルトの製造では高酸度となる培養条件が望ましいが、発酵豆乳の場合、酸味が穏やかな方が食べやすいとの回答が多かったことから、極度に発酵が進まない、すなわち、酸度の高くない発酵豆乳が発酵の進んだそれと比べて一層食べやすいものと思われた。一方、少数ではあるが高温、または長時間培養の豆乳発酵食品を好むボランティアも存在したことから、実際に家庭で作製する場合には、家族の好みに合わせた条件(温度、時間など)で作製することをお勧めする。なお、高酸度の発酵豆乳の酸味を抑えるために果汁、フルーツジャムやフレーバーなどを添加するのもよいかもしれない。ところで、発酵食品の製造はなるべく短時間で実施することが雑菌の繁殖を抑えるためにも望ましいとされていることから、今後は短時間培養における酸度、pH、菌数の測定、外観の観察および賞味試験を実施するとともにグルコースなどの糖を副原料として補助的に添加し、程よい酸度で嗜好性の高い豆乳発酵食品の短時間製造を試みたいと考える。他方、各種乳酸菌を用いての豆乳発酵試験において豆乳を凝固させたものは1株のみであったが、培養条件(温度、時間など)や豆乳中への糖の添加などを詳細に検討することで凝固する菌株が確認できるかもしれない。

5. おわりに

大豆に含まれる糖質であるオリゴ糖は機能性食品・プレバイオティクスとして利用されており、大豆オリゴ糖を含んだ特定保健用食品も市販されている。大豆オリゴ糖の摂取により腸内環境の改善効果が報告されているが⁽³⁾、大豆発

酵食品である納豆⁽⁴⁾ および納豆を加えた味噌汁(納豆汁)⁽⁵⁾ の摂取でも同様の結果が報告されている。これらのことは、大豆そのものならびにその発酵食品にも腸内環境を改善させる作用のあることを示すものであると同時に、豆乳を乳酸菌で発酵させた食品にも同様もしくはより一層の有用作用が存在する可能性をも示唆するものである。今回の実験において、用いた多くの乳酸菌が豆乳を凝固できなかつたのに対し、高活性ケフィア菌は豆乳を発酵して酸を産生し、豆乳を凝固させることができたことから、発酵豆乳の作製に適していると考えられた。今後は高活性ケフィア菌を用いて作製した発酵豆乳の摂取が腸内細菌叢(有用細菌の代表であるビフィズス菌および有害細菌の代表であるウェルシュ菌や大腸菌の糞便内菌数)、腸内理化学性状(老化や発ガンに関与するといわれているアンモニアや硫化物など腸内有害細菌の代謝産物濃度)、ならびにβ-グルクロニダーゼなど大腸ガンや乳ガンの発生と密接に関係するといわれている腸内細菌性発ガン関連酵素の腸内での活性におよぼす影響について検討を加え、高活性ケフィア菌を用いて作製された豆乳発酵食品の摂取と健康の維持・増進との関連性を究明したいと考える。

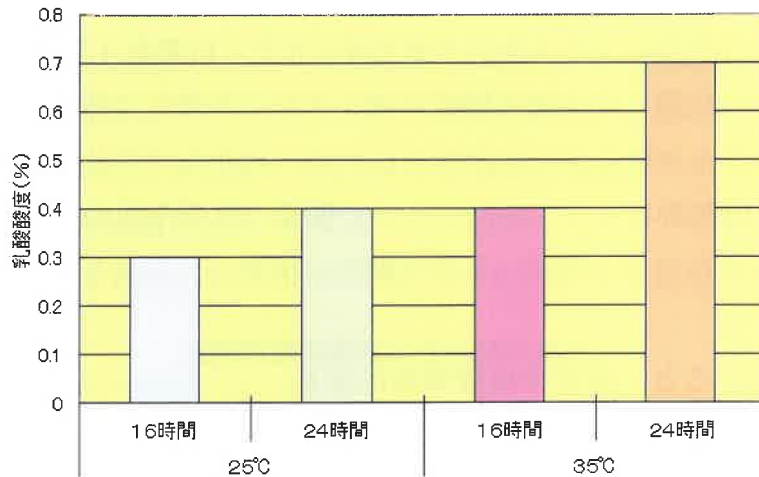
6. 参考文献

- (1) 稲神馨. 乳酸菌の食品への利用. 発酵と工業. 1979. 37:122-132.
- (2) 伊藤雅子、前田赳史、児島雅博、内藤茂三. 乳酸菌を用いた大豆乳の新規利用法の開発. ー大豆乳における乳酸菌の生育ー. 愛知県産業技術研究所研究報告. 2005. 4:138-141.
- (3) Hayakawa, K., Mizutani, J., Wada, K., Masai, T., Yoshihara, I., and Mitsuoka, T. Effects of soybean oligosaccharides on human fecal flora. *Microbial Ecol. Health Dis.* 1990. 3:293-303.
- (4) Terada, A., Yamamoto, M., Yoshimura, E. Effect of the fermented soybean product "Natto" on the composition and metabolic activity of the human fecal flora. *Jpn. J. Food Microbiol.* 1999. 16:221-230.
- (5) Fujisawa, T., Shinohara, K., Kishimoto, Y., Terada, A. Effect of miso soup containing Natto on the composition and metabolic activity of the human faecal flora. *Microbial Ecol. Health Dis.* 2006. 18:79-84.

【編者注釈】

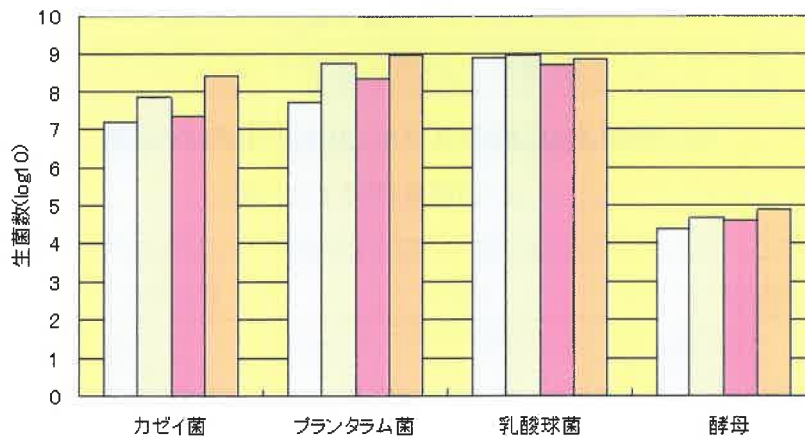
藤澤先生の第1表の乳酸酸度と生菌数を、わかりやすいようにグラフにしました。

高活性ケフィア菌による豆乳発酵中の乳酸酸度の推移



高活性ケフィア菌による豆乳発酵中の菌数推移

□ 25°C 16時間 □ 25°C 24時間 ■ 35°C 16時間 ■ 35°C 24時間



豆乳を高活性ケフィア菌の発酵適温（25°C）で発酵させると、酸度があまり高くなり酸っぱくなりませんが、発酵温度が高い（35°C）と酸度が高くなり酸っぱくなります。

乳酸球菌（ラクチス菌、クレモリス菌、ダイアセチラクチス菌）の生菌数は25°Cでも35°Cでもあまり変わりませんが、乳酸桿菌（カゼイ菌、プランタラム菌）や酵母は35°Cで発酵させると生菌数が増えることがわかります。発酵温度が高いと酸っぱくなるのは、乳酸桿菌の増殖が盛んなためと思います。

若さを保つ！！ N-アセチルグルコサミンの“働き”

---（文献からNAGの効果を探る）---

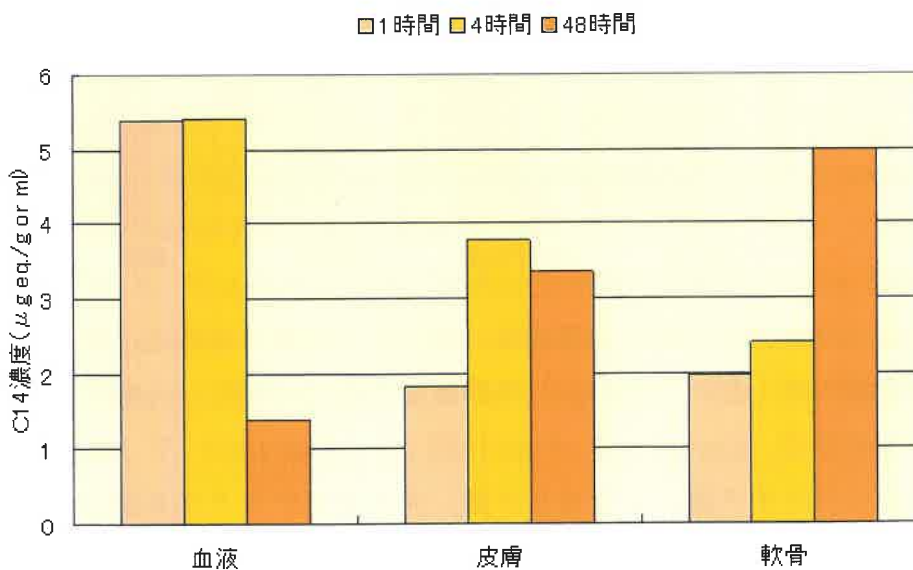
私たちは関節痛などの足腰の衰えや、肌の艶や張りが失われることによって、自分の老いを自覚させられます。しかし老いは皆一様に進むものでなく、日頃の食生活や生活態度により人それぞれです。また、抗老化（アンチエイジング）サプリメントの利用もまた身体機能の衰えを防ぐ有効な手段です。

N-アセチルグルコサミン（以下NAG）は、抗老化サプリメントのひとつです。NAGには加齢によって失われやすい関節の軟骨や肌の潤いを補完する作用があると言われてしていますが、学術文献から検証してみました。

NAGを摂取すると、軟骨や皮膚細胞になる

下図は日本の研究者の研究報告¹⁾のデータから引用して図示しました。C¹⁴で標識したNAGをねずみ（ラット）に食べさせて、ねずみの体内のどこに行くのかを調べています。小腸から吸収されたNAGは血液の中に入り、からだのいろいろな部分に送られます。血液では食べてすぐにC¹⁴の濃度が上がりますが、時間が経つにつれて下がります。皮膚や軟骨では食べてすぐは濃度が低いですが時間が経つにつれて濃度が上がってきます。

経口摂取したN-アセチルグルコサミンの体内での移動



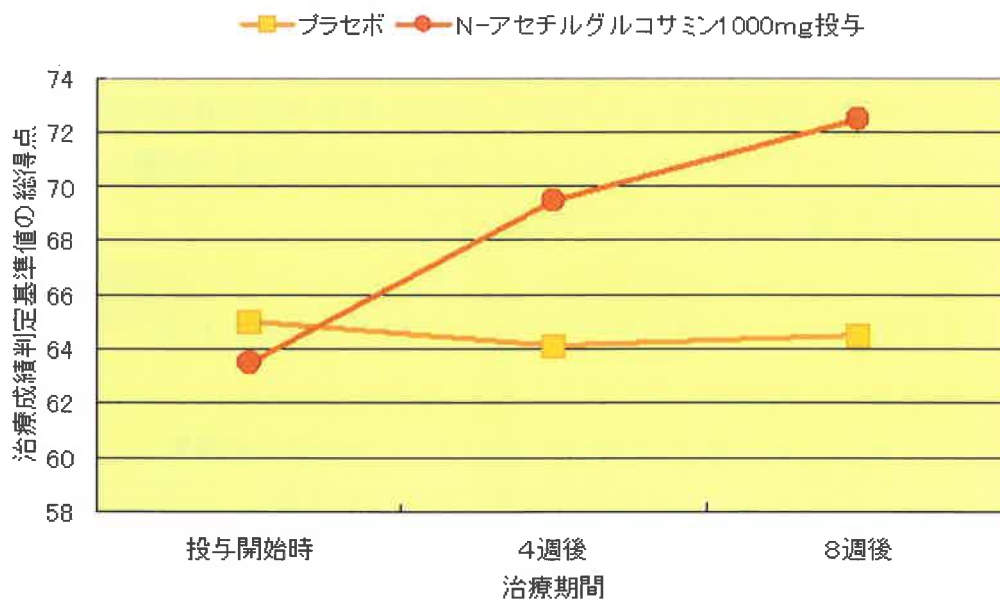
Akinori SHOJI et al: *Chitin and Chitosan Research* Vol.5 No.1 pp34-42(1999)より改変

これは皮膚ではヒアルロン酸に生合性されていることを、軟骨ではプロテオグルカンに生合成されて軟骨形成に関与していることを示しています。

NAGを摂取すると、関節痛が改善される

次は日本の病院での治療効果の研究報告²⁾から引用しました。膝の関節痛(変形性膝関節症)のある患者32名(平均年齢74.歳)を3つのグループに分け、それぞれNAG1000mg、500mg、プラセボ(無添加)を添加した牛乳を、毎日125ml3週間にわたって飲んでもらい、医師が日本整形外科学会制定の「変形性膝関節疾患治療成績判定基準」に基づいて診断しました。下図はNAG1000mg添加牛乳を飲用したグループと、プラセボを比較した結果です。

変形性膝関節症治療成績の推移



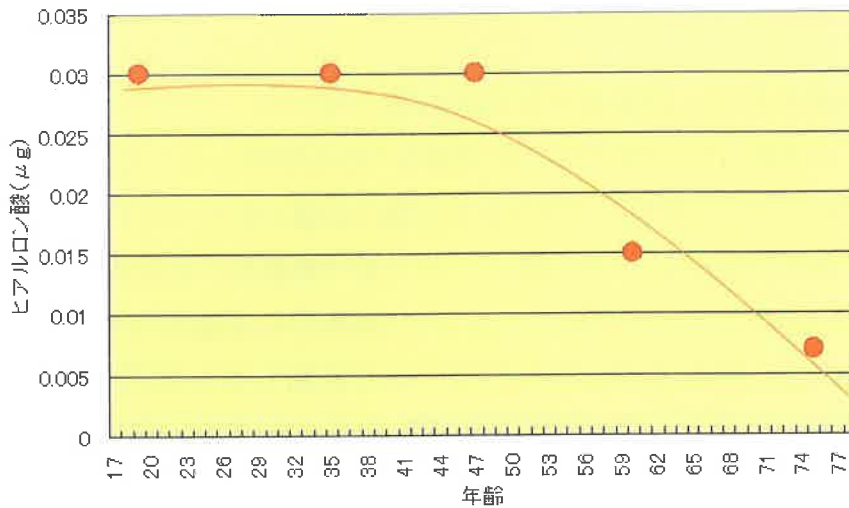
梶本ら: *J.New Rem. & Clin. Vol.52 No.3 2003*より改変

上図に見るように、NAG1000mg添加牛乳飲用グループは、4週間目から改善効果が表われ、8週間目ではさらに改善されています。NAGは即効的な効果だけでなく持続的で長期的な効果があることがわかります。

加齢とともに、皮膚のヒアルロン酸が減少する

下図は女性の皮膚のヒアルロン酸を測定したアメリカの学者の研究報告³⁾から引用しました。

加齢によるヒアルロン酸の減少



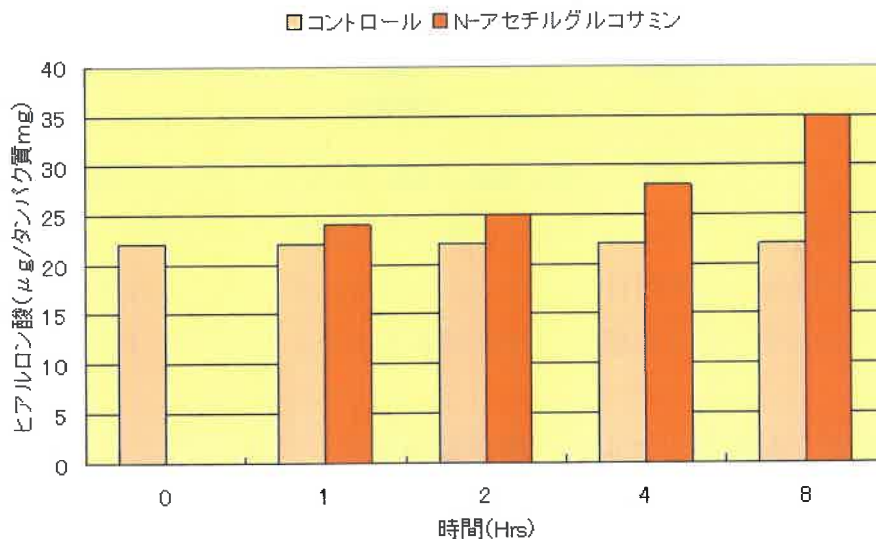
Maria O.Longas: *Carbohydrate Research*, 159(1987) 127-136

上図に示すとおり皮膚のヒアルロン酸は年齢とともに少なくなっています。ヒアルロン酸は、1gで1リットルのペットボトル6本分の保水力があるので、赤ちゃんの肌がみずみずしく、老人の肌が皺々になるのは、皮膚のヒアルロン酸の含有量が影響していることは明らかです。

NAGを摂取すると、皮膚細胞でヒアルロン酸が生合成される

下図は、カナダの学者の研究報告⁴⁾から引用しました。

ヒアルロン酸の生合成におけるN-アセチルグルコサミンの効果



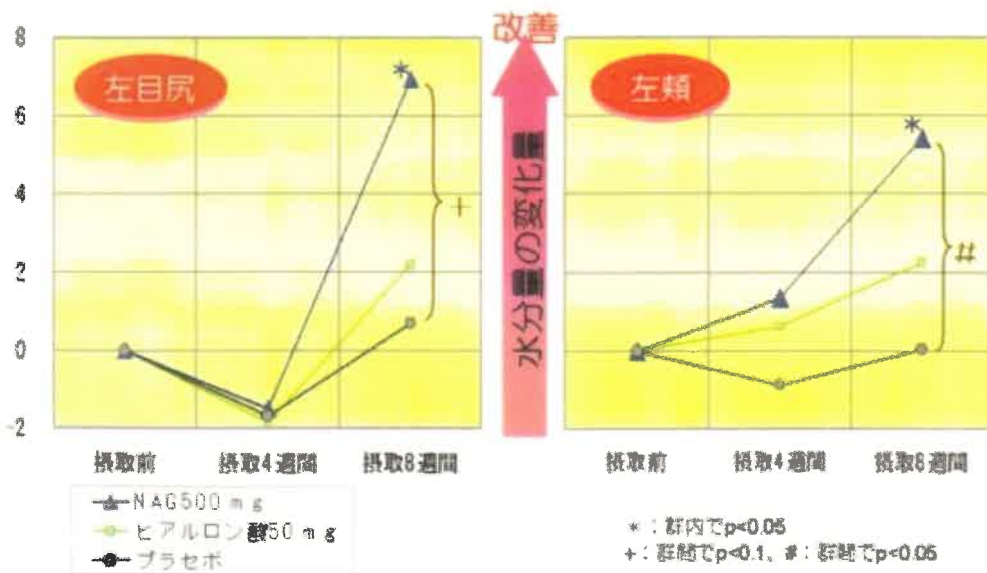
Andrzej Breborowicz, et al: *Advances in Peritoneal Dialysis*, Vol.14 31-35 (1998)

実験は表皮細胞とNAGと一緒に培養し、生成するヒアルロン酸を測定しました。NAGがあると表皮細胞にヒアルロン酸の含有量が時間の経過とともに増加していますが、この結果は表皮細胞でヒアルロン酸が生成されることを示しています。NAGのないコントロールではヒアルロン酸が生成していません。

NAGを摂取すると、肌の保水力が高くなる

下図は、焼津水産工業のレポート⁵⁾から引用しました。実際に肌の乾燥に悩んでいる女性39名(平均年齢37.7歳)を3グループに分け、ヒアルロン酸を含む牛乳、NAGを含む牛乳、どちらも含まない牛乳(プラセボ)をそれぞれ8週間摂取してもらい、その結果を比べました。試験は肌の乾燥する秋・冬を選び実施しました。ヒアルロン酸については、ヒアルロン酸500mgを含む牛乳を1日250ml、NAGについては、NAG500mgを含む牛乳を1日250ml摂取してもらいました。

調査は、顔の左目尻下と左頬(ほお)を測点にして摂取開始から4週間後、8週間後の水分量を測定しました。



その結果、左目尻の水分量は、上図のように8週間後には、摂取前に比べNAGは7ポイント上昇、ヒアルロン酸は2.1ポイント上昇で、NAGの効果はヒアルロン酸よりも高いことがわかりました。左頬の水分量も、8週間後にはNAGがヒアルロン酸よりも高い効果を示しました。

参考文献

- 1) Metabolic Disposition of [¹⁴C] N-Acetylglucosamine in Rats.
Akinori Shoji et al: Chitin and Chitosan Reseach Vol. 5, No. 1, pp34-42,
(1999)
- 2) 天然型 N-アセチルグルコサミン含有ミルクの変形性膝関節症に対する治療
効果。 梶本修身等 : *新薬と臨床* Vol. 52, No. 3 p71-82, (2003)
- 3) Evidence for structural changes in dermatan sulfate and hyaluronic acid
with ageng. Maria O. Longas: *Carbohydrate Reseach*, 159(1987) 127-136
- 4) The Effect of N-Acetylglucosamine as a Substrate for In Vitro Synthesis of
Glycosaminoglucans by Human Peritoroneal Mesothelial Cells and Fibroblaste.
Andrzej Breborowicz et al.: *Advances in Peritoneal Dialysis*, Vol.14, p31-35(1998)
- 5) N-アセチルグルコサミン (NAG) の新たな“働き”明らかに
ー ヒト試験での高い保湿効果を確認 ー
焼津水産化学工業: *ドライスキン広報センター* 2007年6月20日

編集後記

本号では、日本獣医生命科学大学の藤沢博士から貴重な寄稿をいただきました。豆乳の発酵はいまやブームになっていますが、高活性ケフィア菌が豆乳の発酵に適していることを実験によって実証していただきました。

NAG100 スイートの効果も文献で検証しました。25歳はお肌の曲がり角と言われますが、若い方にも参考にしていただきたいと思います。(編集子)