

乳清蛋白和乳清成分的保健特性



人類已經越來越認識到美國乳清製品的高營養價值和它們在各種食品中的多種功能特性。美國的乳清製品含有許多種促進健康和抵禦疾病的成分，而且越來越廣泛地在醫藥、化妝品和農業上使用。



乳清製品發展的新領域

食品行業不斷創新，研發新的產品以滿足消費者的需求；而消費者越來越青睞營養和保健食品，這驅使我們更加深入地挖掘乳清製品的保健功效。乳清中含有豐富的營養，也具有保健和防治疾病的作用；特別是隨著人們對益生菌和病毒研究的不斷深入，乳清具有的保健、美容，減少感染和慢性疾病等功能也逐漸被認識。本文主要介紹乳清和乳清成分的部分保健功能以及乳清產品的最新開發進展。

基本營養特性

乳清富含多種高品質、高生物活性蛋白質，並含有碳水化合物和礦物質。乳清製品可分為7大類（參見《美國乳清手冊》中乳清製品的組成和介紹）。以下著重闡述乳清蛋白和乳清成分的營養和保健功能。

乳蛋白質的組成

乳清蛋白的主要成分是β-乳球蛋白和α-乳白蛋白，此外還含有微量成分如蛋白質、血紅蛋白和乳鐵蛋白等。

乳清蛋白容易消化吸收，其胺基酸組成比例和含量，完全滿足或者超過FAO/WHO的規定量。乳清蛋白一直被認為是最優質蛋白質的來源，某些美國乳清蛋白還包含多種多樣的功能性和保健性成分，值得產品開發人員考慮。隨著純化技術的進步，純乳清蛋白製品的免疫功能也愈來愈多地為人們所認識；動物飼用乳清蛋白後，比飼料用酪蛋白和大豆蛋白的動物更能抵抗化學性腫瘤誘發劑的作用。乳清蛋白具有的營養和保健特性、主要源於它們的結構、生物學功能和它們擁有的多種特性。

在牛奶中，β-乳球蛋白約佔乳清蛋白總量的50%，它們結合鈣和鋅，與視黃醇結合蛋白分子具有部分相同的胺基酸序列。β-乳球蛋白有非常多供金屬離子、脂溶性維生素和脂類結合的位置，而且能夠用於結合親油性化合物，例如在低脂

成品中結合維生素A和B等。

α-乳白蛋白約佔牛奶中乳清蛋白總量的25%；人乳中70%的蛋白質是乳清蛋白，其中的41%為α-乳白蛋白，也就是人乳中的α-乳白蛋白佔總蛋白質含量的28%。在嬰幼兒奶粉配方中，添加α-乳白蛋白的呼聲越來越強烈，同時要求添加人體飲食攝取受限制的蛋白質。血清白蛋白和免疫球蛋白是牛奶中的血清蛋白，稱為微量乳清蛋白。血清白蛋白結合脂肪酸和其他小分子；免疫球蛋白包括IgG1、IgG2、IgA和IgM，它們對嬰兒和其他消費者提供被動免疫作用，在由初乳產生的乳清中含有更高濃度的免疫球蛋白。

乳清中另外兩種蛋白質是乳鐵蛋白和乳過氧化氫酶。乳鐵蛋白是一種結合並運輸鐵離子的蛋白質，可以提高鐵的攝取，但不像無機鐵鹽那樣會引起嬰兒的便秘。正是這些原因，乳鐵蛋白大量應用在日本、韓國和其他亞洲國家的嬰幼兒奶粉配方中。

乳鐵蛋白還具有抗氧化、增強免疫和抗腫瘤的效果，具有免疫調節功能，是哺乳動物乳腺中一種非常重

要的非專一性抗病因子。更為重要的是，一旦乳鐵蛋白釋放出鐵供吸收時，它能在消化道中結合自由的鐵離子。乳鐵蛋白結合鐵離子的能力可以抑制腸道中有害菌的生長，促進有益菌的生長。乳鐵蛋白的抑菌活性已得到研究，可望做為防腐劑使用。乳鐵蛋白素(Lactoferrin)是一種來自乳鐵蛋白的鹼性蛋白質，可用作腸病原體的抑制劑。乳過氧化氫酶能分解過氧化氫。牛乳和乳清產品中的這一營養成分是一種具有抗菌特性的酶。乳過氧化氫酶已被用來控制優酪乳在冷藏過程中酸度發展和pH變化。研究說明，乳過氧化氫酶是一種天然保護劑。和其他保護劑結合，可用作牙膏的防齲齒成分。

糖巨肽(GMP)，是酪蛋白巨肽(CMP)的糖基化成分，存在於甜乳清中，由凝乳酶分解κ-酪蛋白所產生。這一蛋白質在酸性乳清(來自酪蛋白在等電點4.6時沈澱)中不存在。糖巨肽能經由刺激胰腺激素腸促胰酶肽(CCK)的釋放，具有促進生長作用和免疫調節功能。這一物質還能改變黑色素細胞中色素的產生，達到抑制食慾的作用。糖巨肽的生理活性與糖基化有關。

乳蛋白質的組成

乳蛋白質分為兩大類：酪蛋白和乳清蛋白

蛋白質	含量 (g/L)	佔總蛋白質的比率 %
酪蛋白	24-28	80
• alpha-酪蛋白	15-19	42
• beta-酪蛋白	9-11	25
• delta-酪蛋白	3-4	9
• gamma-酪蛋白	1-2	4
乳清蛋白	5-7	20
• beta-乳清蛋白	2-4	
• alpha-乳清蛋白	1-1.5	
• 多肽	0.6-0.8	
• 血清蛋白	1.4-1.6	
血清白蛋白	0.1-0.4	
免疫球蛋白	0.6-1.0	
		100



生物活性乳清蛋白質

許多國家已優先把乳清當作生物活性成分的來源。許多生理活性—已有明確的定義，並被認為是微小乳清蛋白質。這些成分能提供對外界感染的被動保護作用；控制消化或新陳代謝過程和作為不同類型細胞、組織和器官的生長因子。

潛在有廣泛商業用途的乳清成分包括 α -乳白蛋白、 β -乳球蛋白免疫球蛋白、乳鐵、蛋白和乳過氧化氫酶。上述的多種成分表現出較高的營養價值、抗菌效果和其他生物活性，包括從乳蛋白的專一性消化產物中分離鑑別出生物活性，如exorphins，磷酸和免疫蛋白質。這些生物活性蛋白質在完整的乳清蛋白質內部處於非活性狀態。這些蛋白質只有當乳清蛋白在腸內消化時才釋放，這可能關係到營養素的調整並經由激素分泌影響攝取後新陳代謝。

乳清蛋白的療效也來自發酵過程產生的生物活性蛋白質。在將乳蛋白質分離後進行的發酵結果表示， α -乳白蛋白能抑制細胞的擴散，而從酪蛋白發酵而來的蛋白質卻不能。這類生物活性蛋白質對細胞增值的抑制作用可能與其下列現象有關聯：結腸癌發病率的降低與發酵乳的飲用有關。在另一項研究中，細胞生長的測定證明乳清成分中含有成纖維細胞生長因子。另一從乳清中分離的生理活性分子，Prosaposin。體外試驗發現的這些效果還需要更多的工作來證明，然而事實上體外試驗的效果已經說明其在農業和生物技術市場上的發揮潛力。生長補充物和代謝活性蛋白質能用於控制或改變菌種生長或產品質量。因此，乳清和乳清成分的保

健作用在非人類消費如細胞或菌種培養基中也應予以重視。生物活性蛋白質已被證實能給非食品如化妝品或醫藥帶來好處。

抑制食慾

酪巨肽是CCK的強促進因子，CCK是食慾抑制激素，該激素有許多功能，如腸胃功能包括食物的吸收。除了調節食物吸收外，CCK還能刺激膽囊收縮和腸蠕動，調整胃的排空和刺激胰酶釋放。在動物中，CCK的上升則意味著食物吸收減少。蛋白吸收多可導致CCK釋放量增多，直到胰蛋白酶釋放來消化蛋白攝取。對6位健康人進行乳清和酪蛋白的消化實驗結果是CCK釋放量大大增加。酪蛋白比乳清蛋白有更高含量的GMP，但乳清卻顯示出有CCK的釋放。通過對GMP和CCK的研究，可研發出某種乳蛋白作為食慾抑制或節食輔助劑。

骨質生理學

乳清蛋白除包含有促進骨骼生長的礦物元素外，最近有報導乳清蛋白中有能刺激骨骼生長細胞形成的活性成分。若腸吸收這些物質，則他們對人類骨的形成將有重要作用。

對嬰兒和老年人的療效作用

乳清蛋白對嬰兒的營養產生非常重要的作用，特別是對食用以乳清蛋白為主的配方食品和專供乳糖不耐症嬰兒用的乳清蛋白水解物的嬰兒來說具有更重要的營養價值。研究最活躍的是在消化和影響腸激素和免疫物質分泌的生物活性蛋白質序列的形成方面。在牛乳中還存在一些其他生物活性分子，如稱為胞質素的蛋白質，具有自分泌和旁分泌作用。研究發現，對體重非常輕的新生嬰兒來說，飲食中採用乳清蛋白為主比酪蛋白為主要好，這可能是因為能減輕新陳代謝的酸或鹼中毒。另一研究表明，對大多數6個月以下的嬰兒來說，乳清蛋白水解物可替代大豆或酪蛋白水解物，這對那些對牛乳蛋白和大豆蛋白消化不良的嬰兒具有尤其重要的意義。

對老年人來說，通常需要恢復或刺激腸道系統。當患排便困難的老年人飲用GG乳桿菌發酵的乳清飲料後，其糞便逐漸正常，且其排便頻率、重量和pH沒有明顯變化。

促進免疫系統

免疫系統的主要作用是保護生物體免受細菌、病毒、寄生蟲以及真菌和癌症的感染。免疫系統利用專一性的和非專一性的免疫反應來防止疾病。宿主的非專一性防禦方式包括：生理化學屏障，如皮膚、黏液、溶菌酶、營養素強化和干擾素以及自身的自然殺手細胞和噬菌細胞（細胞免疫）如：嗜中性血球、單核白血球、巨噬細胞。專一性的免疫反應是通過由B-淋巴細胞產生（抗體免疫性）的抗體（IgA，IgG，IgM，IgD和IgE）來進行的，T-淋巴細胞會導致T-助細胞、T-抑制細胞和細胞毒性淋巴球（細胞傳導免疫）的增多。

儘管人的免疫競爭細胞對牛乳蛋白質有接受體，牛乳以及它的成分對人體的免疫系統的影響至今還未得到全面的解釋。乳清蛋白的一個比較重要的特徵是它具有很高的胱胺酸含量，胱胺酸一直被認為是GSH進行合成的速度限制物質。乳清蛋白的GSH修飾作用被認為與生物體的免疫性能的增強以及乳清蛋白的抗氧化作用有關。對於動物體，食用乳清濃縮蛋白後會增加它們的免疫反應能力以及脾中的GSH含量，但是如果動物食用GSH的抑制劑，那麼這效果就會降低。動

物實驗表事：乳清蛋白食品可以提高抗體以及細胞傳導的免疫反應。

抗氧化作用

乳清成分能夠改善宿主抗氧化物質的防禦體系並且減少體內氧化物的量，使得它為人類的健康做出了很大的貢獻。現在發現病毒性的破壞與含人體有害的氧化物質病毒侵入宿主有關。新的研究不斷發現：硒和維生素E能夠防止病毒從無害轉化成毒性基因型。這一作用是非專一性的，這是由於氧化劑的增加和生物體本身抗氧化機制的防禦能力比較差的原因，所以抗氧化劑以及減少生物性氧化的產生能夠對生物體產生保護作用。從營養方面來說，乳清製品提供了活性的乳鐵轉移蛋白以及和金屬結合的特性。

儘管腸道中間接的、被動的免疫性可以經由乳清的免疫球蛋白來實現，乳清中存在的醣（溶解酶、乳過氧化氫酶）、乳鐵蛋白、Casocidin、Isoracidin、以及酪蛋白巨肽也能夠減少由於發炎而產生氧化物。免疫球蛋白與幼體的被動防禦功能有關而且他們能夠抵抗在腸道中的降解作用。乳鐵蛋白是一種由胃蛋白酶從乳鐵蛋白上切下來的蛋白質，在生物體中利用鐵的結合對於細菌和酵母產生抗菌性。乳鐵蛋白也通過和細菌的表面進行直接作用來產生抗性。乳鐵傳遞蛋白能夠與鐵結合並且能夠消滅催化氧化反應的游離鐵離子以及完成對鐵的運輸。老鼠飼養試驗表示，甚至在維生素E含量很低的飲食中，乳清蛋白以及乳鐵蛋白也是利用飲食進行抗氧化的良好選擇。

抗腫瘤作用

疾病學研究表示食用牛奶的人要比不食用牛奶的人患結腸癌以及患直腸癌的機率要低。鈣以及維生素D主要來自於牛奶，被認為是一種結腸癌的防治劑。在最近的實驗中，在七位有乳房、胰、肝腫瘤的病人食品中添加30克乳清濃縮蛋白，連續食用6天，普通的細胞組織和癌細胞組織的GSH狀態對食物中乳清濃縮蛋白有不同反應。血液中的淋巴球的GSH濃度起初很高（反映出腫瘤GSH濃度很高）的人中有2人恢復了正常，顯示出腫瘤正在縮小。這一結果顯示出乳清濃縮蛋白可以消滅GSH的腫瘤細胞並且使得他們更容易受到化學療法的治療。疾病學以及研究的實驗表示：含乳食品對幾種癌症的擴散具有控制作用。在對老鼠的實驗中表示乳製品的抗腫瘤性在於牛奶中乳清蛋白中的微量組分。

愛滋病

在治療愛滋病方面的醫務工作者對乳清分離蛋白的評價很高。乳清能夠提高GSH的含量並且與運動和衰老過程中維護遭受氧化破壞的肌肉組織功能和結構的完整性有關，愛滋病病毒與GSH成反比關係，也就是說細胞中的GSH含量低那麼愛滋病病毒就會繁殖，如果GSH含量高就會抑制愛滋病病毒的繁殖。將乳清濃縮蛋白注射到體內後細胞中GSH的含量會增加，這就會明顯的降低病毒的活性，延長病人的生命。



乳清中的鈣和其他礦物質

乳清以及從乳清中提煉出來的礦物質濃縮物是鈣、鎂、磷的優質來源。例如在 100 克甜乳清粉中鈣、鎂以及磷的含量分別為 796、176 和 932 毫克，在酸性乳清粉中含量為 2054、199 和 1348 毫克。低乳糖乳清粉也是一種優質的鈣源，其中鈣的含量超過 800mg/100g。



作為對比，WHO 推薦成年男性鈣和鎂的日攝取量分別為 500 毫克和 300 毫克。在美國，乳清製品可以添加在強化食品中用來增加食品的礦物質。

含乳食品是一種可吸收的礦物質優質來源，而且他們能促進正常的生長；但是這些礦物質元素會和其他營養成分相互作用，這是一個很重要的因素。“生物利用性”是一個用來區別食物中營養的含量以及人體對這些營養利用程度的名詞。牛奶和鈣的補充會降低鐵的吸收率，身體中鐵的儲存和高劑量鈣的吸收是相衝突的。

現在人們已經知道鈣不僅對骨骼的健康非常重要，而且與許多人體內部的異常有關，如：高血壓、中風、過早停經等綜合症以及直腸癌。

高血壓

儘管早已採用限制鈉的攝取的方法來控制高血壓，但是最新的研究表示在普通食品中增加非鈉類礦物質的攝取應該受到重視。由於乳製品、水果、蔬菜的攝取量過少而導致體內鈣、鉀、鎂的缺乏是在檢驗高血壓方面比鈉攝取量更好的衡量指標。事實上，在最近的飲食方法防治高血壓 (DASH) 的試驗中發現乳製品的攝取量低於推薦攝取量的人血壓在按照推薦量攝取乳製品後會降低。

益生作用 (Probiotics) 和促生作用 (Prebiotics)

新型的健康食品包括很多種類：如含有益生劑、免疫球蛋白、促生劑等能夠對人體造成有益作用成分的食品。其它的益生產品還包括降膽固醇成分。

發酵食品是為數眾多的健康食品中的一個重要組成部分，他們為微生物在腸道中定居定為了一條途徑。被大家所公認的“益生劑”的定義是：一種含有活性細菌的食品，他經由改善腸道內細菌的平衡對人體產生有益的影響。“促生劑”是經由選擇性的刺激一種或幾種大腸中固有的或外來細菌的生長和活性並對人體健康產生有益作用的物質。通常將二者合起來產生所謂的“生物協同”作用。目前，在乳製品中通過採用益生和促生劑開發了許多新的產品。但是，促生劑在乳製品以外領域的應用也在不斷增長，特別是在烘烤食物中。最近有關益生劑和促生劑以及功能性食品開發的論文已經發表，但是對一些特殊的專題還應進行探討。Naidu 等人的論文對腸道微生物生態學、各種微生物學方面的影響 (抗菌、生理學、飲食補充、免疫修飾以及抗腫瘤作用)、臨床和在產品方面的應用以及在發酵食品 and 安全性方面作了詳盡的敘述。這一論文也對需要進行人體測試和生產成功產品的各種研究數據進行了分析，一共參考了 490 篇文獻，使得這篇論文成為了一個權威的資訊源。

在乳製品中最常用的益生劑是乳酸桿菌以及雙歧桿菌，他們對腸道菌群組成的影響確立了“益生”這一概念基礎。通過使用益生劑可以對人體健康產生有益的影響，這包括：增強對傳染性疾病的抵抗能力，特別是腸道性傳染病；降低血壓、降低血清中膽固醇的含量；防止過敏；增強白血球的噬菌作用；可以對細胞的基因表現進行調節；防止衰老；抑制腫瘤；減少致癌物以及副致癌物的產生。

在大多數乳製品中，益生劑最重要的影響是經由攝取能夠利用乳糖的細菌來提高對乳糖的耐受性。最近新發現的作用有：能夠防止 *Helicobacter pylori* 的感染、預防潰瘍和癌症的作用。通過大量的臨床試驗，一些特殊的益生菌株的作用已經被證實了，但是對於益生特性分子的作用機制還有爭論。如果要在食品的包裝上註明這一特性，那麼其中的機制就必須得到解釋。人們對益生菌株需求了解的特性包括：

1. 來自人體。
2. 正常的腸道生物群。
3. 對於消化作用以及其他因素如：酸變、消化酶、腸胃蠕動（附著性）、膽酸鹽、飲食結構的改變以及局部免疫反應的承受作用。
4. 在牛產加工和貯藏過程中的穩定性
5. 在健康促進方面的作用。具有最後這條性質才能使得菌株能夠被稱為“益生劑”。

在每種產品中菌株的發酵特性應該被仔細考慮，這是由於有些益生劑的效果僅在膽酸鹽破壞生物膜之後使得細胞內活性物質得以釋放後才能表現出來。到細胞膜破裂

後，有益健康的物質才能釋放出來並且能夠被菌株利用。因此利用不同的方法會產生不同的效果，而且利用性質不同的混合菌株是在許多產品應用中的最好辦法。但是加工技術的改變也會改變發酵的機制以及所需要產物的產生。有的時候只有在經過某些特殊加工步驟後（例如殺菌），加入發酵劑才會取得最好的效果。上述考慮強調了要生產一定產量的產品並且能夠進行質量控制的程序時，必須在健康促進機制方面提供詳細資訊的實際需要。

促生劑

促生劑的作用是利用非活性的食品通過生物體內部的細菌在直腸中進行發酵的方法來促進健康。任何進入腸道的食品原料都有可能成為促生劑。但是只有能夠進行有效的選擇性發酵才能成為促生劑。目前利用不能消化的寡糖類產品受到了廣泛的關注並且獲得成功。例如，各種資料已經表示寡果糖（FOS）以及寡半乳糖雖然不能夠被消化，但是能夠被雙歧桿菌專性的發酵。在飼養控制實驗中，為動物注射促生劑會導致糞便中的雙歧桿菌佔主導地位。最近的研究表示每天食用4g FOS可以達到促生的作用。乳清中的乳糖是促生劑食品中最先被人們認識的重要產品。例如寡半乳糖能夠通過在乳糖的分解過程中半乳糖轉移作用來產生。這些寡糖是典型安全性普遍承認（GRAS）的產品，這是因為他們是牛奶的組成成分並且可以由腸道內細菌對乳糖進行分解來產生。目前日本厚生省已經將七種寡糖列為特定保健食品（FOSHU）。其中包括寡果糖、寡半乳糖、寡木糖、大豆寡糖、寡異麥芽糖、寡乳糖、寡棉子糖。

在FOSHU中的69項產品中，40項產品包含這些寡糖。他們不僅僅是雙歧桿菌的生長促進因子，而且在動物實驗中根據報導這些不能消化的寡糖對鈣的吸收也具有功能性的影響。將FOS和長雙歧桿菌混合使用以及將寡半乳糖和短雙歧桿菌混合使用在降低動物直腸癌的發病率方面也是非常具有潛力。乳清中的糖類是目前人們最熟悉的促生劑，但是乳清蛋白質的促生作用也在被人們逐步認識。乳清蛋白在癌症的治療過程中，在宿主的營養和腸道功能健全的情況下是很有效果的。

目前利用益生劑、免疫球蛋白以及促生劑已經開發出許多新型的有益健康食品。其他的益生產品還包括有效的降低膽固醇物質。在一個試驗中將添加了桿菌、乳酸桿菌、鏈球菌、梭菌、酵母菌和念珠菌的混合型益生劑對脂類代謝的影響和添加酸性乳酸桿菌和糞鏈球菌的效果進行了對比。同樣，在將含有膽固醇的飼料餵老鼠同時分別加入全脂牛奶、普通優酪乳、強化乳清製品的普通優酪乳或者添加了雙歧桿菌的優酪乳，結果表示雙歧桿菌優酪乳和強化了乳清蛋白的普通優酪乳可以降低總膽固醇以及低密度膽固醇的含量。在這實驗中，優酪乳中強化的是脫脂乳粉、濃縮乳清或者低乳糖濃縮乳清。當利用米糠為脂肪和膽固醇的來源作為飼料的同時添加酸性乳酸菌或者糞鏈球菌，飼養了四個星期以後，經由對血液中膽固醇含量的檢查發現肝臟的膽固醇合成會降低而且腸道的脂肪分解增加。黏性酸性乳酸菌包含一種活性的膽酸鹽水解酶，並且能夠顯著地減少實驗豬的總膽固醇以及低密度膽固醇含量。

[Redacted text block]


[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]



美國乳品出口協會出版
2151 Wisconsin Blvd., Suite 300, Ft. Lauderdale, FL 33309, U.S.A.
Tel: U.S.A. 954-585-7838
Fax: U.S.A. 954-585-7839
www.usda.gov

美國乳品出口協會臺灣辦事處
臺灣臺北於 10 信義區信義路 5 段 3 號
信實中心 7100 室
電話：(02) 2707-8838
傳真：(02) 2707-2165
E-mail: usda@usda.gov