



乳清應用手冊 兒童營養篇

美國乳清產品及兒童期的營養

By Dr. Beate B. Lloyd, PhD, RD, LD
Global Research Solutions, Inc.

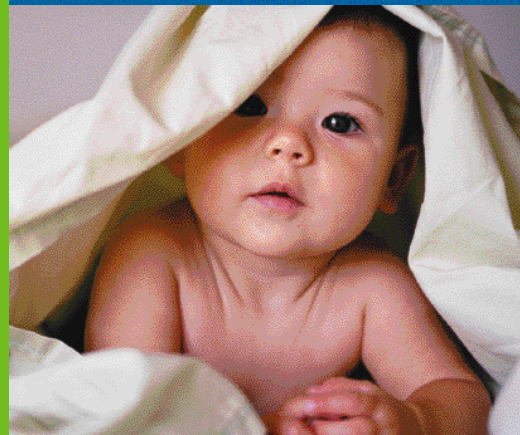
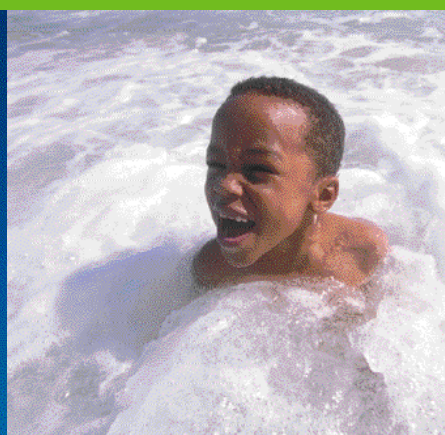
對出生未滿六個月的嬰兒而言，無庸置疑的，母乳是最適當的營養來源，然而，母親的健康狀況不好及特殊的社交狀況會減少泌乳，或是使母親無法與嬰兒在一起，增加哺乳的困難性，在這些情況下，就需要使用替換的嬰兒配方奶粉來取代母乳(註)。

有關嬰兒及兒童期的營養請諮詢醫師或是營養師，這裡提供的配方及組成的資訊僅供參考，對於產品的規格、產品名及特殊的成分請依循各地區的規範。

前言

乳清蛋白已經被廣泛用作是高品質的蛋白質來源及健康食品中具活性肽的來源。嬰兒配方的生產者不斷地增加乳清蛋白在嬰兒奶粉的比例，以求達到與母乳最接近的組成，也添加在專為有急性腹絞痛、脹氣及對牛乳蛋白過敏的嬰兒特別設計的配方中。儘管支持乳清蛋白產品應用於抗敏感和抗腹痛嬰兒奶粉的文獻還不多，但經同業評估的水解乳清蛋白用

於協助預防牛奶蛋白質過敏的報導卻很多。對牛乳過敏而言，使用水解乳清蛋白主要是因其高生物價值及較好的風味，比水解酪蛋白有效許多。而添加乳清蛋白至嬰兒配方中的益處，將在以下的文章中詳作說明。



註一：摘錄自1989年營養準則中嬰兒及兒童食物的標準規則，嬰兒哺育篇。

乳清應用手冊 n 兒童營養篇

背景

母乳是大家所認為嬰兒最佳的營養來源。而長期母體及嬰兒之間的營養配合，演變成母乳中恰當的組成。幾千年來，由病原體進入母體而使母乳產生抗體的免疫機制，對嬰兒存活很重要。母乳中也含有豐富的機能性酵素、生長因素、保護腸胃道的因子、機能性免疫細胞和非蛋白質的氮來源。隨著泌乳的過程，母乳的成份會一直改變及調整，使母乳成為一個非常複雜及細緻的嬰兒食物來源。

當然，商業化的嬰兒奶粉生產者無法以工業用的牛乳加工設備，達到這最終的目的。製造商的目的反而是藉著研究母乳與嬰兒奶粉的主要相異處，使嬰兒奶粉成為僅次於母乳的最佳嬰兒食品。以牛奶蛋白為主的嬰兒奶粉，主要是希望能提供因故無法以母乳哺育的嬰兒，一個最適當的營養來源。

相較之下，很少的嬰兒奶粉是以非牛奶蛋白為主成分的。但是若想加入一些母乳中有價值的成分(如人乳免疫球蛋白IgA)，卻又因為種類太繁多或是價錢太貴而作罷。牛奶的成分雖然無法做到與母乳相同的頂級成分，卻可做到模仿母乳相同的營養成分。因為母乳與牛乳成分上最主要的差異為乳清蛋白的含量，而乳品化學的進步，已經可以

表一、母乳及牛乳乳清蛋白¹

乳清蛋白	母乳(乳清蛋白佔%)	牛乳(乳清蛋白佔%)
乳鐵蛋白	23.8	10-100 ²
α -乳白蛋白	30.2	19.3
β -乳球蛋白	—	51.0
血清白蛋白	6.3	16.3
免疫球蛋白	20.6	10.9
溶菌酶	1.6	—
其他成分	17.5	12.5

1. 摘自"Protein and non-protein nitrogen in human milk" (編者: Atkinson, S.及 Lonnerdal, B. CRC Press, Boca Raton, FL 1989) 一書中Kurz, C., Lonnerdal, B. 等著的Casein micelles and casein subunits in human milk.論文(pp10-24).

2. 10mg/l的牛乳，30-100mg/l的甜性乳清

用各種不同的方法，解決這以牛乳做主原料的嬰兒奶粉的缺乏問題。

而嬰兒奶粉製造者心中的疑問是——嬰兒奶粉到底要“母乳化”到什麼程度？符合這問題的合理答案包括調整乳清對酪蛋白的比例、使用修飾乳清蛋白以達到在嬰兒配方中發揮特定的功能。使用修飾乳清蛋白的例子有：針對牛奶蛋白過敏的嬰兒，可利用水解乳清蛋白，及對早產兒，可增加配方中乳清對酪蛋白的比例以達到較好的新陳代謝目的。

使用乳清蛋白在嬰兒配方奶粉

哺乳類的乳汁中都含有類似的蛋白質、酪蛋白及乳清蛋白等成分。然而這些功能性的分類，是依據此成分是否在牛奶的pH值的溶液中，保持溶解狀態或是會沉澱來做區分。其中，乳清蛋白在低pH值下，會繼續溶解，而酪蛋白則不溶解，並會沉澱。這些依據其蛋白質種類而異的性質，在乳清蛋白中更明顯。乳清蛋白是人類母乳最主要的成分，而酪蛋白是牛乳中的主要成分。成熟母乳的乳清蛋白對酪蛋白的比例為60:40，而牛乳中的比例為18:82(或是20:80)。因此，一些嬰兒奶粉的製造者便決定增加其配方中乳清蛋白含量，以調整其所佔的

比例。這需要增加足夠的乳清蛋白以達到配方中所需提供的含42%蛋白質的要求。也就是說，在9g的牛奶蛋白中，約需加入6g的乳清蛋白，以製成典型的含15g/l公升蛋白質的奶粉。目前世界各地的嬰兒配方製造商，都很普遍地使用這方法，且接近母乳的組成是行銷上很吸引父母的訴求。

母乳中乳清蛋白對酪蛋白的比例會依泌乳的不同階段而調整；從哺乳初期的90:10，到成熟母乳期的60:40直至泌乳後期的50:50。到底哪個比例才是嬰兒配方製造者要遵循的呢？在做了許多的深入研究之後，業者認為成熟母乳中乳清對酪蛋白的比例，是最適合嬰兒配方的。然而，母乳中與牛奶中相對的乳清蛋白的量有很大的不同(見表一)。另一個方法是藉由分離的技術，增加牛乳中 α -乳白蛋白及乳鐵蛋白的濃度。而這方法是目前嬰兒配方市場上，工業界無法做到的。最終，要謹記的是雖然乳清蛋白中組成成分各異，技術及成本仍是其能發展到什麼程度的決定因素。



乳清應用手冊 n 兒童營養篇

使用乳清蛋白在各種配方奶粉

傳統上，奶粉含有基本的18:82乳清對酪蛋白比例。現在，世界各地已非常普遍地添加乳清蛋白至嬰兒配方中。表二所示的嬰兒奶粉符合營養規範委員會所定的規則，也被一般的品質研究證明，能提供給嬰兒良好的成長發育。

乳清蛋白佔總蛋白質的48%-100%。如後續所討論的，牛奶蛋白及乳清蛋白的相對量會影響配方的穩定性。而且，當配方中的乳清比例增加時，依據營養規範的規則，相對的，水溶性維生素及其他礦物質也要增加(尤其是鈣質)至配方中。至於要添加什麼礦物質或維生素則是依據許多不同的參數來決定的，包括乳清蛋白是否經過超級膜過濾或是去礦物質的過程。這些修正都是可以做到的。目前市售的濃縮乳清蛋白有各種的規格可供選擇。

添加乳清蛋白也被使用在較大嬰兒及兒童的配方中。正如乳清的各種成分，其衍生的胜肽被發現對健康有許多的益處，同時對食品製造商而言，也是將其發展為具差異化產品的一大商機。



表二、含有乳清蛋白的嬰兒及較大嬰兒的代表配方

配方種類	蛋白質來源	乳清:酪蛋白	g蛋白質/100mL
嬰兒	乳清蛋白，脫脂奶粉(SMP ¹)	48:52	1.5
較大嬰兒 ²	脫脂奶粉	18:82	1.7
嬰兒	乳清蛋白，脫脂奶粉	60:40	1.4
較大嬰兒 ²	脫脂奶粉	18:82	1.7
嬰兒	乳清蛋白，脫脂奶粉	60:40	1.5
較大嬰兒 ²	脫脂奶粉	18:82	
嬰兒	乳清蛋白，脫脂奶粉	100:0	1.6
較大嬰兒 ²	脫脂奶粉	18:82	1.7
較大嬰兒 ³	乳清蛋白，脫脂奶	NA	2.0
較大嬰兒 ³	脫脂奶	18:82	2.8
較大嬰兒 ³	脫脂奶，乳清蛋白	38:62	2.2

1. 脫脂奶粉

2. 針對6-12個月的嬰兒所建議

3. 針對6個月以上的嬰兒及兩歲以下兒童所建議

典型的兒童配方中組成及使用的原料

初始配方及較大嬰兒配方		
營養成分	佔100 g產品乾重比	市售產品中常用的原料
蛋白質	10-15%	• 脫脂奶粉及濃縮乳清蛋白 • 脫脂奶粉及去礦物質乳清
脂肪	22-28%	• 混合的植物油
碳水化合物	52-57%	• 乳糖 • 乳糖及糊精 • 修飾澱粉，蔗糖(兒童配方中)
礦物質及糖。	3-5%	• 礦物質及微量營養素-及各種不同形式的
微量營養素，氨基酸		加入氨基酸
維他命及其他(nucleotides)	4%	• 維他命及一些配方中的核 酸
		益菌生(prebiotics)，乳鐵蛋白(lactoferrin)

現在有些研究對強化了 α -乳白蛋白的牛乳乳清蛋白感到很有興趣，因為 α -乳白蛋白在母乳中含量也很高，而且具有很好的氨基酸表現。尤其是研究假說認為嬰兒食用了其強化了 α -乳白蛋白的牛乳乳清蛋白，食用後的血漿氨基酸表現很接近母乳哺育的嬰兒。 α -乳白蛋白含有高量的半胱氨酸及超乎尋常量的色氨酸。在低蛋白嬰兒奶粉中，添加了 α -乳白蛋白，可以將奶粉餵食嬰兒的血漿色氨酸濃度提高到和母乳餵養嬰兒相同的濃度。在這些研究中，如前所述，降低蛋白質的原因是增加血漿中色氨酸對其他較大、中性氨基酸的比例。最近技術的進步，已經可以避免降低蛋白質的含量，仍可看出食用母乳的嬰兒血漿中色氨酸的濃度。

雖然對牛奶蛋白過敏的例子不多，但是發生的症狀都挺嚴重，且有時會威脅到生命。症狀包括嘔吐、拉肚子、腸胃不適、哭鬧、過敏溼疹、體重減輕甚至過敏性休克。傳統上，完全水解的酪蛋白是被設計給嚴重對牛乳蛋白過敏的嬰兒。在1990年代，高度水解的乳清蛋白便被發現有益於對牛奶過敏的小孩。然而這些配方在價位、風味都遠勝於使用酪蛋白的產品。而且，最近的實驗證據顯示，高度水解的乳清蛋白有助於對牛乳過敏，並造成急性腹絞痛嬰兒的治療。

乳清應用手冊 n 兒童營養篇



乳清蛋白的機能性

乳清蛋白的機能性包括廣為應用及討論的乳化性、結膠性、保水能力、溶解度、打發/起泡性及增黏性。而除了這些物理的功能性之外，在食物中，它有著傳遞更多功能甚至數種複合機能的作用。乳清蛋白各種不同的三度空間摺疊，形成其特有的結構及功能。許多外在因素也影響其功能，包括濃度、乳清蛋白的狀態、pH值、環境中的離子、預熱處理及所含的油脂等因素所影響。分離乳清蛋白與濃縮乳清蛋白是很有價值的食品原料，不僅是因為它能夠凝集和增強食物的組織，更因為它在很寬的pH值範圍內，溶解度很好。這樣的特性使其適用於運動飲料及代餐飲品中。就乳化劑而言，濃縮的乳清蛋白在做為蛋白質營養飲料中及保健產品中應用很廣。

用在保健營養產品中的乳清蛋白

使用蛋白質在嬰兒奶粉或是保健用營養品中所要考慮的因素包括：

- 營養成分：消化性，氨基酸組成及嬰兒的接受度。
- 生理活性：賀爾蒙，抗感染，轉載作用，抗水解胜肽。
- 功能性
- 是否容易取得及成本

從製造商的觀點來看，產品的穩定性也是很重要的。

他們考慮到：

- 液體嬰兒奶粉及保健營養飲品在儲存期間的物理性變化。
- 浮油：脂肪球上昇至液面。
- 沉澱：不溶的蛋白質或礦物質在底部沉積。
- 結膠：蛋白質與/或是膠體的網狀結構。
- 乳清分離：結膠及浮油作用增強時的膠體脫水作用。
- 一些牛產乳清蛋白的變因也會影響其產品的穩定性。

嬰兒奶粉及保健營養類產品的穩定性受以下因素所影響：

- 配方組成：雙價及多價離子(di and polyvalent ions)的量，緩衝液中的鹽類(citrates, phosphates)及是否有乳化劑及安定劑。
- 加工製程，包括均質溫度及壓力

在保健營養類產品使用乳清蛋白的好處包括：較無異味，較好的氨基酸組成，較好的物理性質，含有低量的乳糖水解物，抗氧化性及形成的弱膠能懸浮調味產品中的可可粉。

哺乳類的嬰兒，因為其出生時未臻成熟的發育特別受到重視。尤其是人類，出生時器官及組織均在形成期，而乳汁明顯是支持這發展準備動作的重要營養來源。乳清蛋白在體外的模型及體內的實驗均能提供此一發展的準備。所以發育期的食品使用其活性及特性，是很自然的，也會得到其幫助發育的預期效果。受傷後組織的復原是最明顯的例子。雖然研究的結果還未完全肯定；但是乳清蛋白被認為是對受傷並不是很嚴重的組織復原，有明顯的幫助，例如運動的傷害。儘管如此，在這方面的助益

上，乳清中許多因素所提供的機制是很一致的。

乳清蛋白，如乳鐵蛋白，表現在抗微生物的方面的實際理論，已經將乳清蛋白中各成份的好處，從科學的研究領域，帶到一般大眾接受及有興趣的範疇。牛奶的好處已被明顯地升級，透過各種機制，至對微生物菌落的防護性質。乳清成分做為益菌生的價值，刺激有益菌落的生長，雖然至今尚未完整地建立，但是各方面的研究已經開始注意到這方面的效能，並開始作各種的研究發展了。乳清成份的保護效應是對各年齡階層皆有幫助的。





參考文獻

Axelsson, I.E., Ivarsson, S.A., Raiha, N.C. Protein intake in early infancy: effects on plasma amino acid concentrations, insulin metabolism and growth. *Pediatr. Res.* 1989;26:614-617.

Gaull, G.E. Taurine in pediatric nutrition: review and update. *Pediatrics* 1989;83:745-746.

Halken, S., Host, A., Hansen, L.G., Osterballe, O. Safety of a new, ultrafiltered whey hydrolysate formula in children with cow milk allergy: a clinical investigation. *Pediatr. Allergy Immunol.* 1993;4:53-59.

Heine, W., Radke, M., Wützke, K.D., Peters, E., Kündt, G. Alpha-Lactalbumin-enriched low-protein infant formulas: a comparison to breast milk feeding. *Acta Paediatr.* 1996;85:1024-1028.

Heine, W.E. The significance of tryptophan in infant nutrition. *Adv. Exp. Med. Biol.* 1999;467:705-710.

Kashyap, S., Schulze, K.E., Forsyth, M., et al. Growth, nutrient retention, and metabolic responses in low birth weight infants fed varying intakes of protein and energy. *J. Pediatr.* 1988;113:713-721.

Kunz, C., Lonnerdal, B. Re-evaluation of the whey protein:casein ratio of human milk. *Acta Paediatr.* 1992;81:107-112.

Lucassen, P.L.B.J., Assendelft, W.J.J., Gubbels, J.W., van Eijk, J.T., Douwes, A.C. Infantile colic: Crying time reduction with a whey hydrolysate: A double-blind, randomized, placebo-controlled study. *Pediatrics* 2000;106:1349-1354.

Munro, H.N. Amino acid requirements and their relevance to parenteral nutrition. In: Wilkinson, AW (ed) *Parenteral Nutrition*. Churchill Livingstone, London, pp 34-67, 1972.

O'Connor, D.L., Masor, M.L., Paule, C., Benson, J. Amino acid composition of cow's milk and human requirements. In: Welch RAS, Burns DW, Davis SR, Popay AI, Prosser CG (eds) *Milk Composition, Production and Biotechnology*. University Press, Cambridge, pp. 203-213, 1997.

Odehram, H., Vanto, T., Jacobson, L., Kjellman, N.I. Whey hydrolysate compared with cow's milk-based formula for weaning at about 6 months of age in high allergy-risk infants: effects on atopic disease and sensitization. *Allergy* 1996;51:192-195.

O'Tuama, L.A., Phillips, P.C., Smith, Q.R., Uno, Y., Danna, R.F., Wilson, A.A., Raveit, H.T., Loats, S., Loats, H.A., Wagner, H.N. L-methionine uptake by human cerebral cortex: maturation from infancy to old age. *J. Neurochem.* 1991;57:16-22.

Partridge, W.M. Brain metabolism: a perspective from the blood-brain barrier. *Physiological Reviews* 1983;63:1481-1535.

Paule, C., Wahrenberger, D., Jones, W., Kuchan, M., Masor, M. A novel method to evaluate the amino acid response to infant formulas. *FASEB J.* 1996;10:A554.

Ragno, V., Giampietro, P.G., Bruno, G., Businco, L. Allergenicity of milk protein hydrolysate formulas in children with cow's milk allergy. *Eur. J. Pediatr.* 1993;152:760-762.

Raiha, N.C., Heinonen, K., Rassin, D.K., Gaull, G.E. Milk protein in quantity and quality in low-birthweight infants: I: metabolic response and effects on growth. *Pediatrics* 1976;57:659-684.

Rigo, J., Sentenac, J. Significance of plasma amino acid pattern in preterm infants. *Biol. Neonate*. 1987;52(Suppl 1):41-49.

Smith, Q.R. The blood-brain barrier and the regulation of amino acid uptake and availability to the brain. *Adv. Exp. Med. Biol.* 1991;291:55-71.

Steinberg, L.A., O'Connell, N.C., Hatch, T.F., Picciano, M.E., Birch, L.L. Tryptophan intake influences infants' sleep latency. *J. Nutr.* 1992;122:1781-1791.

Yogman, M.W., Zeisel, S.H. Diet and sleep patterns in newborn infants. *NEJM* 1983;309:1147-1149.

美國乳品出口協會出版

2101 Wilson Boulevard, Suite 400 Arlington, VA 22201-3081 U.S.A. Tel: 1 (703) 528-3049 Fax: 1 (703) 528-3705
www.usdec.org



台灣辦事處
台北市110信義區信義路5段5號7樓
世貿中心7007室
電話: (886-2) 8789-8939
傳真: (886-2) 2725-2155
Email: usdec@prcon.com

香港辦事處
香港英皇道郵政局 郵遞編號38156號
電話: (852) 2833-5877
傳真: (852) 2893-7538
E-mail: usdec@prcon.com

上海辦事處
上海南京西路1376號上海商城436室
郵遞編號200040
電話: (86-21) 6279-8868
傳真: (86-21) 6279-8869
E-mail: usdec@prcon.com