

# 麦芽和啤酒生产中有关蛋 白质的理论和实践

作者：Н.В.Голикова

译者：顾国贤

中国食品工业协会啤酒专业协会

—1988—

## 前 言

所有的生命有机体均含有蛋白质和控制蛋白质合成的核酸，它们是地球的生命物质基础。

1894年，首先注意到蛋白质对啤酒生产的意义，当时人们认为，啤酒大麦最佳质量是含有蛋白质9.5~11.0% [97.102]。那时，人们兴趣是不使大麦和麦芽的蛋白质含量减少，而在最近十年，人们兴趣转移到蛋白质和啤酒酿造的理论和实践关系。人们利用新的有效的分析方法，研究大麦蛋白质在各种范围内的意义，包括蛋白质的性质和分类，蛋白酶的性质等，除此以外，在评述啤酒大麦的工艺特性中，人们还建立了应用数学统计方法和手段研究大麦蛋白质含量的意义。

由于大麦蛋白质的组成成分和数量的不固定，再加上在发芽和干燥中变化不一，导致成品麦芽中各种分子量的含氮物质不一，而它们在啤酒酿造中作用也是不一样的。所以问题变得特别复杂。由于近代大麦蛋白质含量有普遍升高的趋势，在采用高蛋白质含量大麦时，它将使麦芽制造经济性降低，并引起啤酒胶体混浊和使啤酒口味变得粗糙。麦芽的低分子含氮物质首先是各种氨基酸不足时，使发酵变得困难，而麦汁的中分子含氮物质不足，将使成品啤酒口味和泡沫性质变差。

所以，啤酒酿造对蛋白质的要求，不单需要总的蛋白质

含量范围，而且对蛋白质分解的各种含氮物质组分之间有一定比例范围的要求。

在科学技术进步的今天，啤酒酿造中，蛋白质的复杂变化得到深刻的阐述，而且人们开始可以选择合理的工艺，保证蛋白质按照预定目标进行变化，酿造出优秀的啤酒。

## 内 容 简 介

麦芽和啤酒生产中核心问题之一，控制生产各环节中含氮化合物的变化，各中间产品和成品的含氮化合物的含量和相对比例。本书是有关此方面的一本专论。作者通过自己的实验研究和参考了大量的文献资料，系统地对啤酒大麦，麦芽制造、啤酒酿造等生产全过程，各种蛋白质及其分解产物、蛋白酶，各过程酶促水解进行了详细地讨论、研究数据丰富、立论也颇有新意。也阐述了各种啤酒酿造过程蛋白酶的分析方法。

本书可供，从事于啤酒生产和研究的工程技术人员参考。也可供轻工业院校发酵工程专业啤酒工艺学的补充教材。

## 译者的话

麦芽制造和啤酒酿造中每一个生产环节无不与蛋白质的变化密切相关。控制原料大麦蛋白质含量，控制生产过程中蛋白质的酶促水解进行，能深刻地影响各中间产品和成品啤酒的质量——色泽、泡沫、香气和口味，啤酒胶体稳定性，啤酒收率和消耗。

苏联格里高娃通过自己多年的研究和参考欧美文献资料编著本书，立论中心是啤酒生产中蛋白质和蛋白酶的变化，工艺参考对它们的影响。实验研究数据丰富，某些结论和研究数据在国内啤酒专业书刊中尚无全面报导，但对有关啤酒泡沫和胶体稳定性尚开挖不足。

译者利用教书之暇，译出本书，为我国飞跃发展的啤酒工业尽一分菲薄的力。译文中错误和欠妥之处，恳请读者指正。

顾国贤

87.1.无锡

# 目 录

## 第一章 大麦的含氮物质和蛋白酶

第一节 大麦的含氮物质·····	( 1 )
一、氨基酸·····	( 1 )
(一) 氨基酸通性·····	( 1 )
(二) 氨基酸的物理—化学性质及测定方法··	( 2 )
(三) 混合氨基酸的分析·····	( 14 )
(四) 大麦中氨基酸的特性·····	( 15 )
二、蛋白质·····	( 18 )
(一) 蛋白质通性·····	( 18 )
(二) 大麦简单蛋白质分类和测定方法·····	( 20 )
(三) 大麦蛋白质含量对它的产量影响·····	( 25 )
(四) 大麦种植地生态条件对大麦蛋白质含量 的影响·····	( 31 )
(五) 啤酒酿造品种大麦的蛋白质特性·····	( 35 )
第二节 大麦的蛋白酶·····	( 36 )
一、大麦蛋白酶的分类和作用机制·····	( 38 )
二、大麦中各种蛋白酶的基本性质·····	( 38 )
三、蛋白酶活性的测定方法·····	( 40 )
(一) 氨基酸酶活性测定·····	( 40 )

(二) 羧基肽酶活性测定·····	(41)
(三) 二肽酶活性测定·····	(42)
(四) 内切肽酶(酸性蛋白酶)活性测定·····	(44)
四、用大麦醇溶蛋白测定蛋白酶活性的新方法 ·····	(46)
五、在大麦后熟期,大麦蛋白酶抑制剂·····	(49)

## 第二章 麦芽中的蛋白质和蛋白酶

<b>第三节 大麦浸渍和发芽过程中蛋白酶的变化·····</b>	<b>(52)</b>
一、浸渍过程的基本条件·····	(53)
二、大麦浸渍过程中蛋白酶的变化·····	(55)
三、大麦发芽过程中蛋白酶的变化·····	(59)
<b>第四节 在制麦过程中大麦蛋白质的变化·····</b>	<b>(63)</b>
一、氨基酸的形成·····	(63)
二、大麦蛋白质组分的酶促分解·····	(67)
三、麦芽蛋白质溶解度的评述·····	(71)
四、工艺参数对蛋白质溶解度的影响·····	(74)
<b>第五节 啤酒麦芽干燥中蛋白质和蛋白酶的变化···</b>	<b>(85)</b>
一、绿麦芽干燥中蛋白酶的变化·····	(86)
(一) 氨基肽酶·····	(86)
(二) 羧基肽酶·····	(86)
(三) 二肽酶·····	(88)

(四) 内切肽酶·····	( 88 )
二、麦芽干燥中含氮物质的变化·····	( 91 )
三、麦芽蛋白质和麦芽生产的技术经济指标···	( 95 )
(一) 啤酒麦芽的含氮组分的要求·····	( 95 )
(二) 大麦的蛋白质含量对浸出物损失的影响 ·····	( 97 )
四、高蛋白质含量大麦加工方法·····	( 99 )

### 第三章 啤酒酿造中蛋白酶和含氮物质的变化

#### 第六节 啤酒麦汁制造过程中蛋白酶和蛋白质的变

化·····	( 102 )
一、糖化过程麦芽中蛋白酶的变化·····	( 103 )
(一) 氨基肽酶·····	( 103 )
(二) 羧基肽酶·····	( 104 )
(三) 二肽酶·····	( 106 )
(四) 内切肽酶·····	( 107 )
二、糖化过程含氮物质的变化·····	( 110 )
三、糖化醪过滤中蛋白质的变化·····	( 112 )
四、麦汁煮沸中含氮物质的变化·····	( 118 )
五、麦汁制造中强化蛋白质溶解的措施·····	( 124 )

#### 第七节 酵母的蛋白酶····· ( 129 )

一、下面啤酒酵母蛋白酶概述·····	( 129 )
二、啤酒酵母蛋白酶的活性·····	( 136 )



第八节 啤酒主发酵、后发酵和贮酒中含氮物质的 变化.....	( 138 )
一、主发酵过程麦汁氨基酸的变化.....	( 139 )
二、在啤酒主酵和后酵中蛋白质区分的变化...	( 142 )

## 第四章 麦芽的蛋白质和啤酒的质量

第九节 啤酒的泡沫和蛋白质区分.....	( 145 )
一、泡沫形成的原理.....	( 145 )
二、蛋白质和啤酒泡沫.....	( 149 )
第十节 啤酒胶体稳定性.....	( 154 )

参考文献

# 第一章 大麦的含氮物质和蛋白酶

## 第一节 大麦的含氮物质

大麦籽粒的含氮物质可以区分成蛋白质和非蛋白质氮，后者又可进一步分成氨基酸（氨基氮）、有机酸盐（铵氮）、硝酸盐（无机氮）、酰胺——天门冬酰胺和谷酰胺（酰胺氮）。大麦中各种型式的含氮物质的总量称做大麦的总氮。

正常成熟的大麦中总氮主要是由蛋白质组成，非蛋白质氮中以氨基酸和酰胺为主，仅占很少一部份。从所有各种型式非蛋白质氮中，对啤酒酿造有现实意义的是氨基酸。

在所有的生命有机体中，氨基酸起到极其重要的作用，它是构成蛋白质的基础，它也是激素、生物碱、色素和其它许多生物物质的前驱物质。

在啤酒酿造中，氨基酸是在大麦发芽时，大麦的贮藏蛋白质水解而积累，它在干麦芽中参与形成麦芽的颜色和香味，它是啤酒酵母生长的营养物质，它还影响到啤酒挥发性组分和啤酒的质量。

### 一、氨基酸：

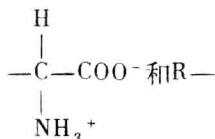
#### （一）氨基酸通性

氨基酸是一种既含有氨基（ $-NH_2$ ），又含有羧基（ $-COOH$ ）的有机化合物。它可由含这些基团的数量区分成：单氨基酸——含一个氨基和一个羧基；双氨基酸——两个氨

基和一个羧基；单氨基双羧酸——一个氨基两个羧基；双氨基双羧酸——两个氨基两个羧基。

除此以外，某些氨基酸的结构中还有环状基团参加（又称芳香族氨基酸），及亚氨酸。

氨基酸的结构中可以分成两大部份（脯氨酸和羟基脯氨酸除外），即



R—基团根据它的极性可以分成四个基本的类别。

1. 非极性的或疏水的
2. 极性的但不带电的。
3. 带正电荷的。
4. 带负电荷的。

近代已经发现有150种氨基酸，但仅仅只有其中的廿二种氨基酸构成全世界所有的有机生命体的蛋白质分子。在我们发现的蛋白质中的有廿二种氨基酸，还有两种氨基酸（羟基脯氨酸和羟基赖氨酸）仅仅在少数蛋白质中发现存在。

## （二）氨基酸的物理——化学性质及测定方法

在啤酒酿造中对原料、半成品和成品啤酒的氨基酸阐述，经常只讨论总氨基酸含量，很少进一步测定各个氨基酸的含量。

氨基酸的测定常常是利用它的物理——化用性质。氨基酸中除了脯氨酸和羟脯氨酸外，均是 $\alpha$ -氨基酸  $\alpha$ -氨基酸是因为第一个氨基是和羧基（ $-\text{C} \begin{array}{l} \nearrow \text{O} \\ \searrow \text{OH} \end{array}$ ）相邻的碳原子上，

表 1 自然界存在氨基酸结构和性质

氨基酸 名称	代号	分子式		分子量	等电点 PI	熔点 °C
		R-基团	通式部分			
丙氨酸	A	CH <sub>3</sub>	$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{---C---COO}^- \\   \\ \text{NH}_3^+ \end{array}$	89.10	6.02	297
半胱氨酸	C	HS-CH <sub>2</sub>	$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{---C---COO}^- \\   \\ \text{NH}_3^+ \end{array}$	123	5.02	/
天门冬氨酸	D	$\begin{array}{c} \text{HO} \\ \diagdown \\ \text{C} \\ \diagup \\ \text{O} \end{array}$ -CH <sub>2</sub>	$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{---C---COO}^- \\   \\ \text{NH}_3^+ \end{array}$	133.11	2.97	270

续表:

氨基酸名称	代号	分子式		分子量	等电点 PI	熔点 °C
		R-基团	通式部分			
谷氨酸	E	$\begin{array}{c} \text{HO} \\ \diagdown \\ \text{C} \\ \diagup \\ \text{O} \end{array} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{C} \begin{array}{l}   \\ \text{H} \\   \\ \text{NH}_3^+ \end{array} - \text{COO}^-$	$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{C} \\   \\ \text{NH}_3^+ \end{array} - \text{COO}^-$	147.13	3.22	206
苯丙氨酸	F	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \diagdown \\ \text{C} \\ \diagup \\ \text{O} \end{array} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{C} \begin{array}{l}   \\ \text{H} \\   \\ \text{NH}_3^+ \end{array} - \text{COO}^-$	$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{C} \\   \\ \text{NH}_3^+ \end{array} - \text{COO}^-$	165.19	5.98	283
甘氨酸	G	$\text{H} - \text{C} \begin{array}{l}   \\ \text{H} \\   \\ \text{NH}_3^+ \end{array} - \text{COO}^-$	$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{C} \\   \\ \text{NH}_3^+ \end{array} - \text{COO}^-$	75.10	5.97	240

组氨酸	H	$  \begin{array}{c}  \text{H} \\    \\  \text{HC} = \text{C} - \text{CH}_2 - \text{C} - \text{COO}^- \\    \quad   \\  \text{N} \quad \text{NH} \\  \diagdown \quad \diagup \\  \text{C} \quad \text{H}  \end{array}  $	155.16	9.15	/
异亮氨酸	I	$  \begin{array}{c}  \text{H} \\    \\  \text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{C} - \text{COO}^- \\    \quad   \\  \text{CH}_3 \quad \text{NH}_3^+  \end{array}  $	131.18	6.02	280
亮氨酸	L	$  \begin{array}{c}  \text{H} \\    \\  \text{CH}_3 \diagdown \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{C} - \text{COO}^- \\  \text{CH}_3 \diagup \quad   \\  \quad \quad \quad \text{CH}_3 \quad \text{NH}_3^+  \end{array}  $	131.18	5.98	295

续表:

氨基酸名称	代号	分子式		分子量	等电点 PI	熔点 °C
		R-基团	通式部分			
蛋氨酸	M	$\text{CH}_3 - \text{S} - \text{CH}_2 - \text{C} \begin{array}{l}   \\ \text{H} \\   \\ \text{NH}_3^+ \end{array} - \text{C} - \text{COO}^-$	$\text{H} - \text{C} - \text{COO}^-$	149.22	5.75	/
天门冬氨酸	N	$\text{H}_2\text{N} - \text{C} \begin{array}{l} // \text{O} \\   \\ \text{H}_2\text{C} \end{array} - \text{CH}_2 - \text{C} \begin{array}{l}   \\ \text{H} \\   \\ \text{NH}_3^+ \end{array} - \text{C} - \text{COO}^-$	$\text{H} - \text{C} - \text{COO}^-$	133.11	5.41	/
脯氨酸	P	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C} \\   \\ \text{H}_2\text{C} - \text{N} - \text{H} \\   \\ \text{H}_2\text{C} \end{array} - \text{C} \begin{array}{l}   \\ \text{H} \\   \\ \text{NH}_3^+ \end{array} - \text{C} - \text{COO}^-$	$\text{H} - \text{C} - \text{COO}^-$	115.1	6.10	/

谷氨酸	Q	$  \begin{array}{c}  \text{H}_2\text{N} \diagdown \\  \text{C} \text{---} \text{CH}_2 \text{---} \text{CH}_2 \text{---} \text{C} \text{---} \text{COO}^- \\  \text{O} \text{=} \diagup \\  \text{H} \text{---}   \text{---} \text{NH}_3^+  \end{array}  $	147.13	5.65	/
精氨酸	R	$  \begin{array}{c}  \text{NH}_2 \\    \\  \text{C} \text{---} \text{NH} \text{---} \text{CH}_2 \text{---} \text{CH}_2 \text{---} \text{C} \text{---} \text{COO}^- \\     \quad \quad \quad   \\  \text{NH}_2^+ \quad \quad \quad \text{NH}_3^+  \end{array}  $	174.23	6.02	297
丝氨酸	S	$  \begin{array}{c}  \text{H} \text{---}   \\  \text{H}_2\text{C} \text{---} \text{C} \text{---} \text{COO}^- \\    \quad \quad   \\  \text{OH} \quad \quad \text{NH}_3^+  \end{array}  $	105.09	5.68	/



续表:

氨基酸名称	代号	分子式		分子量	等电点 PI	熔点 °C
		R-基团	通式部分			
缬氨酸	V	$  \begin{array}{c}  \text{H}_3\text{C} \quad \diagup \\  \quad \quad \text{CH} \\  \text{H}_3\text{C} \quad \diagdown  \end{array}  $	$  \begin{array}{c}  \text{H} \\    \\  \text{---C---COO}^- \\    \\  \text{NH}_3^+  \end{array}  $	117.15	9.15	—
苏氨酸	Th	$  \begin{array}{c}  \text{CH}_3\text{---CH} \\    \\  \text{OH}  \end{array}  $	$  \begin{array}{c}  \text{H} \\    \\  \text{---C---COO}^- \\    \\  \text{NH}_3^+  \end{array}  $	119.1	6.16	253
酪氨酸	T	$  \begin{array}{c}  \text{HO} \\    \\  \text{---C}_6\text{H}_4\text{---CH}_2\text{---}  \end{array}  $	$  \begin{array}{c}  \text{H} \\    \\  \text{---C---COO}^- \\    \\  \text{NH}_3^+  \end{array}  $	181.19	5.65	314—318