

第三章 DDGS 在奶牛日粮中的应用

对奶牛来说,含可溶物干玉米酒糟 (DDGS) 是一种很好的蛋白质来源。高质量 DDGS 中蛋白质含量一般占干物质的 30% 以上。另外,对牛这种动物, DDGS 是一个瘤胃非降解蛋白 (RUP) 或者过瘤胃蛋白的优质来源 (表 1)。玉米中大部分易降解蛋白在发酵过程中被降解,导致 DDGS 中的 RUP 蛋白比例高于玉米本身。DDGS 中的蛋白质品质较好,但是对于大部分玉米副产品来说,赖氨酸依然是第一限制性氨基酸。因此,如果在奶牛日粮中添加了瘤胃保护赖氨酸和蛋氨酸,或者将 DDGS 与其它赖氨酸含量较高的原料搭配使用时,有时产奶量会得到提高。但是,大多数情况下,与使用豆粕做为日粮蛋白质来源的日粮相比,饲喂含有 DDGS 的日粮所得到的产奶量相同高,甚至更高些。同时重要的是,要认识到颜色较深的 DDGS 一般是受到了加热损伤,会降低产奶量。Powers 等 (1995) 的研究表明,与颜色较浅的 DDGS 相比,在奶牛日粮中使用颜色较深的 DDGS 会使产奶量降低。因此,要在奶牛日粮中使用颜色浅的高质 DDGS,使产奶量达到最高。

DDGS 还是奶牛的良好能量来源,高品质 DDGS 的能量比国家研究委员会 (NRC, 2001) 以前提供的数值高 10~15%。DDGS 所含的能量高于玉米。而且,由于在发酵过程中,玉米中几乎所有的淀粉都转化成了乙醇,因此 DDGS 中的脂肪和纤维含量要高于玉米。DDGS 中含有很高水平的中性洗涤纤维 (NDF),但是木质素含量非常低。这就使 DDGS 成为一个含有高消化率纤维的来源,而且与玉米相比,降低了消化紊乱。DDGS 中这些高消化率的纤维物质还可以部分代替奶牛和肉牛日粮中的粗料和浓缩料。

表1 高品质美国玉米DDGS的反刍动物营养成分表

营养素	玉米DDGS (%干物质)
粗蛋白质	30.1
RUP ^a %粗蛋白质	55.0
维持净能, Mcal/kg	2.07
生长净能, Mcal/kg	1.41
泌乳净能, Mcal/kg	2.26
中性洗涤纤维(NDF)	41.5
酸性洗涤纤维(ADF)	16.1
粗脂肪	10.7
粗灰分	5.2
钙	0.22
磷	0.83
镁	0.33
钾	1.10
钠	0.30
硫	0.44

^a RUP =瘤胃非降解蛋白质

Source来源: Schingoethe (2004)

人们对奶牛日粮中玉米酒糟的使用量提出了很多的问题。以酒糟为基础的日粮真能象传统日粮一样,保证相同水平的产奶量吗?酒糟中高含量的多不饱和脂肪酸会降低乳脂含量吗?赖氨酸含量较低时会不会降低产奶量?使用湿的含可溶物酒糟(WDGS)和干的含可溶物酒糟(DDGS)的效果一样吗?奶牛日粮中到底能使用多少酒糟,而且它到底对乳脂、乳蛋白和全程产奶量有什么影响?

为了回答以上这些问题, Kalscheur(2005)将所有的酒糟饲喂奶牛的研究做了分析。23个调查了酒糟在奶牛日粮中使用量的试验被编辑到一个含有96个处理的数据库中。这些研究都是在1982年到2005年间完成的,而在这期间酒糟的质量有了很大的改变。所有的研究都被用于分析给奶牛饲喂酒糟后产生的全面影响。

为了评价酒糟添加量对产奶量的影响,所有的处理都被分为5个添加量范围,及干物质基础上0、4-10%、10-20%、20-30%和高于30%。酒糟的形式—干或者湿—也分开考虑。日粮中的添加量和酒糟的使用形式对于干物质采食量、产奶量、乳脂和乳蛋白的影响都做了比较。

饲喂酒糟对干物质采食量的影响

干物质采食量(DMI)受到酒糟在日粮中的使用量以及酒糟使用形式的双重影响(表2)。奶牛日粮中使用酒糟会刺激采食量提高。如果奶牛饲喂了DDGS,随着日粮中DDGS含量的升高,干物质采食量也随之升高,在DDGS占日粮20-30%时达到最高峰。这些奶牛比没有DDGS的对照组要多吃掉0.7公斤的饲料(干物质或者DM基础)。DDGS含量超过30%后,干物质采食量与对照组就没有差异了。

日粮中DDGS含量达到20-30%刺激采食量增加时,日粮中使用较低水平的WDGS,即4-10%和10-20%,就使采食量达到最高值。WDGS的含量超过20%后,采食量反而会下降。另外,30%WDGS组的奶牛采食量比对照组低2.3公斤/天,而比4-10%WDGS组少5.1公斤/天。

总的来说,大家都认为酒糟适口性很好,而且研究者也支持这一观点,因为奶牛日粮中酒糟使用量高达20%时会刺激DMI的提高。过高的酒糟用量反而会使采食量下降,其原因是因为它含有较高水平的脂肪,或者是由于WDGS中的水分含量较高所致。

表2 奶牛日粮中使用湿或者干酒糟对干物质采食量和产奶量的影响

添加量 干物质基础	干物质采食量, 公斤/天			产奶量, 公斤/天		
	干	湿	全部	干	湿	全部
0%	23.5 ^c	20.9 ^b	22.2 ^b	33.2	31.4	33.0
4-10%	23.6 ^{bc}	23.7 ^a	23.7 ^a	33.5	34.0	33.4
10-20%	23.9 ^{ab}	22.9 ^{ab}	23.4 ^{ab}	33.3	34.1	33.2
20-30%	24.2 ^a	21.3 ^{ab}	22.8 ^{ab}	33.6	31.6	33.5
>30%	23.3 ^{bc}	18.6 ^c	20.9 ^c	32.2	31.6	32.2
SEM	0.8	1.3	0.8	1.5	2.6	1.4

^{a,b,c} 行内数值上标不同表示有差异 (P < 0.05)。行内上标没有差异说明酒糟在日粮中使用量不同时没有显著差异。

饲喂酒糟对产奶量的影响

产奶量与酒糟的使用形式无关，但是奶牛日粮中增加了酒糟用量后产奶量有一个明晰的曲线反应（表2）。如果使用了4-30%的酒糟，产奶量相同，大约比对照组，即没有添加酒糟的日粮组，产奶量每天多增加0.4公斤。当奶牛日粮中使用酒糟超过30%时，即最高添加量，产奶量有下降趋势，即比对照组的产奶量每天下降0.8公斤。WDGS在奶牛日粮中的用量超过20%后，产奶量就会下降。这好像与干物质的采食量下降密切相关。

饲喂酒糟对奶组成的影响

乳脂含量在不同的酒糟添加比例中有差异，而且没有受到酒糟添加用量或者形式不同的影响（表3）。根据目前已经掌握的数据来看，酒糟的添加比例结果不支持酒糟使用后对乳脂含量不利的说法。引起乳脂含量降低的因素有很多。在设计日粮时，要特别注意一定要从粗料中获得足量的纤维来保持瘤胃的功能。酒糟含有28~44%NDF，但是这种纤维被很好地加工过，而且很快就在瘤胃中进行消化。由此，不能认为来自于酒糟中的纤维是瘤胃有效纤维，而且它也不能等同于来源于粗料的纤维。酒糟中脂肪水平较高，也可能会影响瘤胃功能，导致乳脂下降，但通常乳脂大幅度下降是由于众多的日粮因素纠合在一起而引起的。

表3 酒糟用量对乳脂和乳蛋白质含量的影响

添加量 (干物质基础)	脂肪, %	蛋白质, %
0%	3.39	2.95 ^a
4-10%	3.43	2.96 ^a
10.1-20%	3.41	2.94 ^a
20.1-30%	3.33	2.97 ^a
> 30%	3.47	2.82 ^b
SEM	0.08	0.07

^{ab} 行内数值上标不同表示有差异 (P < 0.05)。行内上标没有差异说明酒糟在日粮中使用量不同时没有显著差异。

乳蛋白含量在含有0-30%酒糟日粮中没有差异，而且酒糟的使用形式也没有影响（表3）。然而，与没有使用酒糟的对照组相比，超过30%用量的酒糟日粮使乳蛋白含量下降了0.13%。在很高的使用量时，酒糟很可能代替了其它的蛋白质来源。在这么高的使用量下，较低的小肠蛋白质消化率、较低的赖氨酸含量和不平衡的氨基酸组成都会使乳蛋白含量下降。应该说明的是，乳脂含量下降的试验大都是在二十世纪八十和九十年代做得。以后的研究结果就不那么一致了。赖氨酸是个对热很敏感的氨基酸，加工和干燥过程可能会对它有一些负面影响。而最近这些年新建的酒精加工厂中，加工和干燥过程都有了改善，这也许提高了酒糟中的氨基酸质量。

其它需要考虑的因素

当使用酒糟制做奶牛料配方时，酒糟在日粮中的含量并不是唯一要考虑的因素。其它因素，包括粗料类型、粗料与精料的比例、酒糟的高油脂含量和以氨基酸为基础设计日粮等都会对产奶量和奶组成有影响。另外，酒糟的形式，即干与湿，也会影响奶牛的生产性能。使用23篇前面说到的已发表文章来评估了这些因素对产奶量和奶组成的影响。在这个数据库里

有 96 个处理进行了比较。

粗料类型

为了评价哪种类型的粗料对动物生长性能有影响，每一种日粮都使用了不同的玉米青贮和苜蓿草比例。23 个日粮全部使用了玉米青贮，38 个日粮中使用了 55-75% 的玉米青贮，19 个日粮使用了 45-54% 玉米青贮，16 个日粮使用了苜蓿青贮或者干草（0% 玉米青贮）。总的来说，粗料混合在一起能够更好地平衡营养素供给，还可以给瘤胃提供有效纤维用于发酵。但是，在奶牛日粮中使用的粗料一般都是来源于当地的。在有些地方，苜蓿能够很好地生长，因此在这种条件下苜蓿就是奶牛日粮中的主要粗料来源，而在美国其它地方，玉米青贮是主要来源。

这篇综述发现了粗料类型对干物质采食量、产奶量或者乳脂组成没有影响。但是，粗料确实会影响奶中的蛋白质组成。饲喂含有 55-75% 玉米青贮日粮的奶牛所产的牛奶中蛋白质含量为 3.04%。而饲喂 100% 苜蓿草没有玉米青贮日粮的牛奶中蛋白质含量最低，只有 2.72%。饲喂 45 - 54% 玉米青贮和 100% 玉米青贮后牛奶中的蛋白质含量处于中等水平，分别为 2.98% 和 2.82%。饲喂玉米青贮和苜蓿混合物后的奶中蛋白质较高，这说明只使用单一粗料饲喂奶牛时，氨基酸不足，会影响牛奶中蛋白质水平。

粗料与精料的比例

当在奶牛日粮中使用酒糟时，粗料与精料的比例是影响泌乳性能的第二个日粮因素。为了评价粗料与精料比例的影响，将所有的处理分为三类：日粮中含有 50% 以下的粗料，日粮中含有 50% 粗料和 50% 精料，日粮中含有 50% 以上的粗料。干物质采食量、产奶量和奶中蛋白质水平并不受到粗精比的影响。但是，日粮中的粗料比例低于 50% 时，乳脂含量下降 0.36%。

这证明以下的假设是正确的，即日粮中缺乏粗料，会降低有效纤维含量，直接降低了乳脂水平，而酒糟在日粮中的含量在这里不是最主要的影响因素。以前曾经提到过，由酒糟中提供的中性洗涤纤维的水平适宜。但是，这种纤维的粒径较小，不能供瘤胃用于正常的发酵。南达科他州立大学最近进行的研究直接检验了这种假设是否正确（Cyriac 等，2005）。尽管日粮中的中性洗涤纤维水平一致，当日粮中粗料水平从 55% 降到 34% 后，乳脂水平从 3.3.4% 线性下降到 2.85%。因此，当日粮中含有高水平的酒糟时，一定要确保日粮的粗料中含有足量的有效纤维。酒糟中其它的纤维会在瘤胃中很快地降解为挥发性脂肪酸（VFA）。

酒糟的高脂肪含量

当在奶牛日粮中使用酒糟时，酒糟的高脂肪含量是一个值得关注的问题。酒糟中含有的玉米油中亚麻酸含量相对较高，亚麻酸是一种不饱和脂肪酸。如果植物油含量太高，这会使瘤胃中的生物氢化过程不完全，会使乳脂含量下降。总结了发表文章的这篇综述没有发现日粮中酒糟水平和乳脂下降之间存在着很强的关系。但是，有可能是脂肪含量和有效纤维之间的互作关系影响了乳脂水平，因为后者水平较低时，会直接导致乳脂水平下降。

以氨基酸基础来制做配方

最后，评价了以氨基酸为基础配制日粮的效果。我们把那些在日粮中添加过瘤胃保护赖氨酸和蛋氨酸，或者不同来源赖氨酸（如血粉）的试验进行了分析。如果奶牛日粮中使用了大量的玉米原料，赖氨酸有可能会出现缺乏。日粮中添加了赖氨酸后牛奶蛋白质水平有上升

趋势。还可以再进行一些研究，来确定添加了赖氨酸后是否可以在奶牛日粮中使用更多的酒糟。

在高温、高湿的亚热带气候下使用 DDGS

大部分的 DDGS 研究都是在温带进行的。2003 年 9 月到 11 月，美国谷物协会赞助台湾中部一个养殖场进行了饲喂试验 (Chen 和 Shurson, 2004)。这个饲喂试验的目的是比较奶牛日粮中 DDGS 与玉米、豆粕、热处理大豆的饲喂价值，以及在高温、高湿的亚热带气候下 DDGS 在奶牛日粮中的可行性。

这个试验是在台湾台南县的一个商业化奶牛场中进行的。这个牛场位于回归线南 20 公里处。整个牛群有 600 头牛，其中 290 头是泌乳奶牛。牛场中的主要牛舍是典型的开放式结构，每一个圈有运动场。牛舍中装配了洒水和喷雾装置，在伏天可以进行蒸发式冷却。牛场中有两个 12 栏位带有自动脱落装置的挤奶器，有 4 个挤奶工。

以泌乳天数 (DIM) 预处理期的产奶量和体况评分 (BCS) 为基础，将 50 头经产荷斯坦奶牛随机分到对照和 DDGS 处理组中。两组的 DIM 平均值是相同的 (149 ± 56 天)。分组时对照组和 DDGS 的平均产奶量分别为 22.3 ± 2.8 公斤和 22.4 ± 3.7 公斤，平均 BCS 分别为 3.0 ± 0.3 和 3.1 ± 0.3 。正式试验开始前有两周的调整期，使试验用奶牛适应圈舍环境，然后进行为期 8 周的试验，收集数据。

所有奶牛都用全混合日粮 (TMR) 饲喂，对照组中没有 DDGS，处理组中含有 10% DDGS。DDGS 代替了 TMR 中的部分玉米、豆粕、压片玉米和热处理大豆。日粮是根据康奈尔净碳水化合物和蛋白质系统来设计的 (Barry 等, 1994)，满足了代谢蛋白质 (MP)、代谢能 (ME)、钙和磷的需要。

对照和 DDGS 处理组的平均干物质日采食量 (DMI) 分别为 17.8 ± 1.2 和 17.6 ± 1.0 公斤。添加 DDGS 没有影响试验奶牛的 DMI，而且不同圈舍对 DMI 也没有影响 (表 4)，但是实际 DMI 要比康奈尔净碳水化合物和蛋白质系统的预测值低 (4.26 版本; Barry 等, 1994)。这种 DMI 的差异可能是与试验时天气较热有关。尽管试验期是从 9 月份持续到 11 月，奶牛仍然处于热应激环境下 (气温 / 湿度指数高于 72)。(图 1)

对照组和 DDGS 处理组在每个牛群提高日 (DHI) 的平均产奶量结果见图 3。与对照组相比，DDGS 处理组的平均产奶量有上升趋势。但是在试验正式开始前，这两个组的产奶量没有差异 (9/6/2003 和 9/21/2003 DHI)。开始正式试验后，DDGS 组奶牛在每个 DHI 测试日的产奶量都要高于对照组。这种产奶量升高是因为 DDGS 的饲喂价值较高，或者 DDGS 处理组缩短了产奶日 (DIM)。这种差异不可能由圈舍引起的，因为在试验开始前的适应期 (预处理期) 中两组之间的产奶量并没有差异。

试验期间曾经淘汰了一些患有乳房炎的奶牛，也许会对 DIM 有影响，但这种影响很小 (6 天)。因此，在试验的热应激条件下，DDGS 的使用是提高泌乳中期奶牛产奶量的真正原因。两组在最后的 DHI 测试中产奶量都下降。可能的原因有两个：这期间的 THI 升高 (图 2)，使用了新青贮袋中取出的质量较差的玉米青贮。

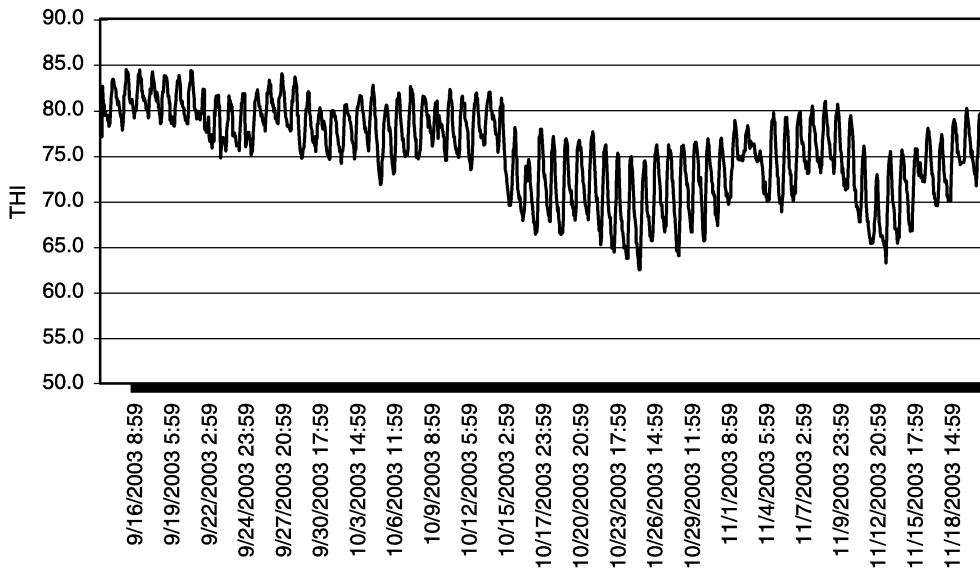


图1 在台湾进行饲喂试验时的气温/湿度指数 (THI)

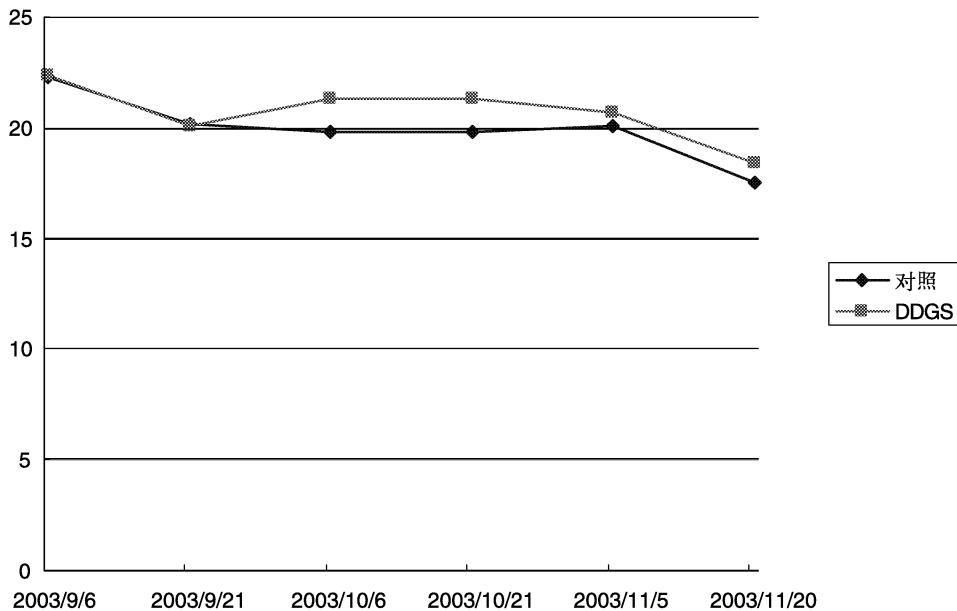


图2 饲喂对照和DDGS和TMR日粮后平均产奶量

对完成整个试验期奶牛的DHI数据进行了统计学分析(表4)。DDGS组中的奶牛产奶量高(0.9公斤/天)于对照组。DDGS日粮中的脂肪水平较高,能够提高产奶量。但是,DDGS的消化率较高,可能含有不明化合物,可以促进瘤胃功能和提高动物的生产表现。尽管乳脂含量在两组或者两圈间没有差异,DDGS组奶牛每天提供的乳脂有高于对照组的趋势。这种趋势可能是DDGS组产奶量较高的结果。尽管日粮中含有10%的DDGS后显著降低了牛奶中蛋白质的含量,但是每天提供的奶蛋白质没有变化。人们对奶牛日粮中使用DDGS有一个担

心，就是因为 DDGS 中的脂肪含量较高，可能会干扰瘤胃的发酵过程，从而降低微生物蛋白合成和奶中蛋白质含量。但是，DDGS 处理组的产奶量高弥补了饲喂 DDGS 所致的奶蛋白质下降。日粮处理和不同的圈舍对奶中乳糖含量都有影响，但还不清楚为什么会有这些现象。试验的不同处理对体况评分没有显著影响。

表4 饲喂没有或者含有10%DDGS的TMR后对热应激下产奶中期奶牛的产奶量、牛奶组成和体况评分的影响

测定指标	处理 (T)		圈舍 (P)		SE	P- 值		
	对照	DDGS	1	2		T	P	T×P
DMI, 公斤/天 ²	17.8	17.6	17.8	17.6	0.20	0.32	0.29	0.012
产奶量, 公斤/天	19.5	20.4	19.8	20.1	0.44	0.04	0.46	0.003
脂肪, %	4.51	4.45	4.43	4.53	0.13	0.61	0.41	0.69
脂肪, 公斤/天	0.86	0.91	0.87	0.91	0.03	0.10	0.22	0.07
蛋白质, %	3.45	3.32	3.41	3.37	0.04	0.001	0.17	0.73
蛋白质, 公斤/天	0.66	0.68	0.67	0.67	0.02	0.40	0.97	0.02
乳糖, %	4.85	4.90	4.92	4.83	0.03	0.07	0.004	0.84
总固形物, %	13.5	13.4	13.5	13.4	0.16	0.36	0.77	0.63
MUN, mg/dL ³	11.2	11.8	12.3	12.8	0.50	0.23	0.80	0.04
SCC, 104/ml ⁴	26.9	35.4	35.9	26.4	13.8	0.54	0.49	0.76
BCS ⁵	2.96	3.01				0.21		

¹ TMR = 全混合日粮

² DMI = 干物质采食量

³ MUN = 牛奶中尿氮

⁴ SCC = 体细胞计数

⁵ BCS = 体况评分

DDGS 饲喂生长期后备小母牛

尽管 DDGS 被认为是反刍动物的良好能量和蛋白质来源，但关于 DDGS 在生长期后备母牛上的信息很少。Kalscheur 和 Garcia (2004) 认为可以使用 DDGS 饲喂生长期肉牛的数据来谨慎地推测它对生长期奶牛的效果。使用湿或者干酒糟饲喂生长期肉牛时，对生长速度和蛋白质沉积都没有影响 (Kalscheur 和 Garcia, 2004)。但是，当使用干燥碾碎玉米来代替湿酒糟或者 DDGS 时，即干物质采食量的 40%，生长速度和饲料转化效率都得到了提高 (Kalscheur 和 Garcia, 2004)。对生长期牛来说，使用湿酒糟的饲料转化效率往往比 DDGS 要高。如果生长期牛使用了高水平的 DDGS，热损伤蛋白质的不同含量往往就不再是个关注因素，因为蛋白质的消耗量远远超出了对它的需要量 (Kalscheur 和 Garcia, 2004)。因此，可以在生长期后备母牛日粮中使用高达 40% 干物质采食量的 DDGS，可以取得良好的生长速度和饲料转化效率。

总结

DDGS 对奶牛来说，是一种很好的蛋白质、脂肪、磷和能量来源。在奶牛日粮中使用高达 20% 的酒糟不会降低干物质采食量、产奶量和奶中乳脂乳蛋白质的水平。使用 20-30% DDGS 后，产奶量可以等同于甚至高于不加 DDGS 的日粮。但是，如果日粮中使用了超过 20% 的湿

酒糟，产奶量会下降。日粮中使用酒糟后会使乳脂发生变化，但影响不显著。日粮中酒糟使用量太高会降低乳中蛋白质水平。应该再深入研究如果提高了从酒精加工厂得到的酒糟质量，是否会使动物的生产水平提高。因此，从现在酒精加工厂得到的酒糟可能不会象二十世纪八十和九十年代那样会影响乳中蛋白质水平。另外，需要进行瘤胃功能的研究，来确定酒糟对乳脂含量的影响。

在奶牛日粮中酒糟能够代替昂贵的蛋白质、能量和矿物质原料。但是，在日粮中使用 DDGS 时，营养学家必须要遵循一定的营养原则来避免营养素之间的不平衡。对热应激状态下处于泌乳中期的奶牛来说，它们可以有效地利用 DDGS，而且对亚热带和热带地区的奶牛业而言，DDGS 也是一个有使用潜力的高质副产品。尽管没有多少研究能评价 DDGS 对生长期后备母牛的饲喂价值，但 DDGS 可以在生长期肉牛饲料中使用到高达 40% 干物质摄入量水平，仍然可以取得良好的生长速度和饲料转化效率。

参考文献

Barry, M. C., D. G. Fox, T. P. Tylutki, A. N. Pell, J. D. O'Connor, C. J. Sniffen, and W. Chalupa. 1994. The Cornell net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. 3rd ed. Cornell University, Ithaca, NY.

Chen, Yuan-Kuo and J. Shurson. 2004. Evaluation of distiller's dried grains with solubles for lactating cows in Taiwan. [http://www.ddgs.umn.edu/international-translations/Taiwanese%20\(Yuan-Kuo%20Chen%202004\).pdf](http://www.ddgs.umn.edu/international-translations/Taiwanese%20(Yuan-Kuo%20Chen%202004).pdf)

Cyriac, J., M. M. Abdelqader, K. F. Kalscheur, A. R. Hippen, and D. J. Schingoethe. 2005. Effect of replacing forage fiber with non-forage fiber in lactating dairy cow diets. 88(Suppl. 1):252

Kalscheur, K. F. Impact of feeding distillers grains on milk fat, protein, and yield. Distillers Grains Technology Council. 9th Annual Symposium. Louisville, KY. May 18, 2005.

Kalscheur, K.F. and A.D. Garcia. 2004. Use of by-products in growing dairy heifer diets. Extension Extra, South Dakota State University. ExEx 4030, 3 pp.

National Research Council. 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th Rev. Ed. National Academy of Sci., Washington, DC.

Powers, W.J., H.H. Van Horn, B. Harris, Jr., and C.J. Wilcox. 1995. Effects of variable sources of distillers grains plus solubles on milk yield and composition. J. Dairy Sci. 78:388-396.

Schingoethe, D.J. 2004. Corn Co products for Cattle. Proceedings from 40th Eastern Nutrition Conference, May 11-12, Ottawa, ON, Canada. pp 30-47.