

УДК 663:44

FACTORS AFFECTING THE SYNTHESIS OF SULPHUR DIOXIDE IN BEER

B.I. Hivrich, B.V. Rozdobudko

National University of Food Technologies

Key words:	ABSTRACT
beer, fermentation, sulfur dioxide, yeasts	The influence of different yeast, and basic technological factors on the content of sulfur dioxide in beer.
Article history: Received 5.04.2014 Received in revised form 8.04.2014 Accepted 25.04.2014	Established that yeast actively synthesizing sulfur dioxide in the first 3—5 days of fermentation. At the stage of fermentation, the content of sulfur dioxide may be virtually no variable or decrease. Increased concentrations of wort leads to higher content of sulfur dioxide in beer, with the greatest synthesis of sulfur dioxide occurs within solids concentration of 10 % to 12 %, while increasing the concentration of solids in the original wort decreases the intensity of synthesis. Dry yeast synthesize smaller amount of sulfur dioxide. By increasing the concentration of yeast cells in the wort of 15 million/ml to 25 million/ml and increase the degree of aeration of wort oxygen in the range of 4 to 12 mg/l leads to a decrease in the synthesis of sulfur dioxide in beer.
Corresponding author: boris_rozdobudko@ukr.net	

ФАКТОРИ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА СИНТЕЗ ДІОКСИДУ СІРКИ В ПИВІ

B.I. Хіврич, канд. техн. наук, Б.В. Роздобудько, аспірант[✉]

Національний університет харчових технологій

Проведено дослідження впливу різних рас дріжджів, а також основних технологічних факторів на вміст діоксиду сірки в пиві. Встановлено, що дріжджі активно синтезують діоксид сірки в перші 3—5 днів зброджування суслу. На стадії доброджування пива, вміст діоксиду сірки може залишатися практично без змін, або зменшуватися.

Збільшення масової частки сухих речовин початкового суслу призводить до підвищення вмісту діоксиду сірки в пиві, при чому найбільше синтезується діоксиду сірки в межах масової частки сухих речовин від 10 % до 12 %, а при збільшенні масової частки сухих речовин в початковому суслі інтенсивність синтезу зменшується. При збільшенні концентрації дріжджових клітин в суслі від 15 млн/мл до 25 млн/мл, а також при збільшенні ступеня аерації суслу киснем від 4 мг/дм³ до 12 мг/дм³ призводить до зменшення синтезу діоксиду сірки в пиві.

Ключові слова: пиво, бродіння, діоксид сірки, дріжджі.

Вступ. На смак і аромат пива впливає великий спектр сполук: вищі спирти, ефіри, альдегіди, сірковмісні речовини та ін. Вони також є невід'ємною частиною пива, а якщо їх вміст перевищує поріг відчуття, то вони надають напою небажаний смак і аромат.

Діоксид сірки (SO₂) за класифікацією смаків і ароматів пива, прийнятих Європейською пивоварною конвенцією (англ. скорочено ЕВС) має індекс 0710, який характеризує запах «запалюючого сірника» [1]. За міжнародною класифікацією харчових добавок SO₂ відносять до групи консервантів з порядковим номером E220. Зазвичай вміст його в пиві становить менше 10 мг/дм³. Поріг відчуття в пиві у вільному стані становить біля 7 мг/дм³, а в зв'язаному — 25 мг/дм³ [1,2].

Необхідність контролювання і регулювання вмісту SO₂ в пиві пов'язана, з одного боку з тим, що невелика його кількість позитивно впливає на органолептичні показники пива, надає

йому відчуття свіжості, пригнічує небажані ферментативні процеси, що можуть відбуватися під час зберігання пива [2]. Завдяки антиоксидантним властивостям SO_2 стабілізує напій, зв'язуючи розчинений кисень і деякі карбонільні сполуки, в тому числі альдегіди Штрекера, які впливають на смакову стабільність під час зберігання пива. З іншого боку, SO_2 при вмісті значно більшому порогу відчуття негативно впливає на органолептичні показники напою.

Основна кількість SO_2 в пиві, як відомо [3], утворюється під час головного бродіння внаслідок асиміляції дріжджовою клітиною сульфатів, які в основному надходять в сусло з водою (150—200 мг/дм³). Встановлено [4], що збільшення вмісту іонів сульфату в суслі, за рахунок внесення солей сірчаної кислоти, які містять аніони SO_4^{2-} , в тому числі MgSO_4 , не має значного впливу на підвищення вмісту SO_2 . Проте доведено, що вагомий вплив має кількісний склад таких амінокислот як метіонін, цистеїн, трионін та сирін в суслі [4]. Особливістю біосинтезу SO_2 в пиві є те, що він має загальний шлях утворення з іншою важливою сірковмісною сполукою сірководнем (H_2S), який має дуже низький поріг відчуття — 4 мкг/дм³, і неприємний аромат, характерний запаху «тухлих яєць» [2,3]. Обґрунтовано [5], що різні режими затирання по різному впливають на амінокислотний склад сусла і тим самим на кількість SO_2 в пиві. Найбільш сприятливим до накопичення цієї сполуки виявився режим, коли пропускають цитолітичну і протеолітичну паузи, а затирання починають з 62 °С. Очевидно, це пояснюється глибиною ферментативних процесів і меншою кількістю накопичення в суслі сірковмісних амінокислот, що змушує дріжджову клітину під час бродіння використовувати внутрішні механізми асиміляції сульфатів із сусла для накопичення необхідної кількості відповідних амінокислот.

Відомо, що на вміст SO_2 в пиві істотно впливає не лише якісний і кількісний склад амінокислот, а й такі технологічні фактори як ступінь аерації, концентрація початкового сусла, фізіолого-біохімічні властивості раси дріжджів, кількість їх внесення в сусло перед бродінням та ін. [2, 3, 6]. Проте в науковій літературі цим питанням приділено не достатньо уваги, саме тому важливим є дослідження впливу різних рас дріжджів, а також основних технологічних факторів на вміст SO_2 в пиві.

Мета дослідження. Встановлення основних факторів, що впливають на синтез діоксиду сірки в пиві.

Матеріали та методи досліджень. Сусло зброджували з використанням рас дріжджів: Rh, 124, 163, Saflager W 34/70. Вміст SO_2 визначали дистиляційним методом, а концентрацію дріжджів за допомогою камери Горяєва. Вміст кисню визначали на приладі Digox 6.

Результати досліджень. Першим етапом експериментальної роботи було проведення досліджень по визначенню динаміки зміни вмісту SO_2 під час зброджування сусла двома расами дріжджів: Rh і 163. Ці раси рекомендовані для використання в пивоварінні і характеризуються як глибокозброджуючі з високим ступенем редукції діацетилю та накопиченням вищих спиртів. Два зразки сусла з масовою часткою СР біля 12 % готували в однакових умовах і зброджували при температурі від 12 °С до 13 °С протягом 8 діб. Вміст SO_2 дистиляційним методом [7]. Динаміку зміни вмісту SO_2 залежно від тривалості бродіння і раси дріжджів наведено на рис. 1.

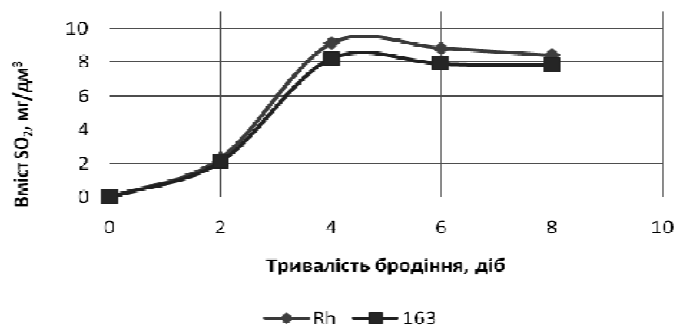


Рис. 1. Графік зміни вмісту SO_2 залежно від тривалості бродіння і раси дріжджів

Результати дослідження показали, що дріжджі активно синтезують SO_2 в перші 3—5 діб зброджування сусла, тобто в період від стадії «забілу» до стадії «високих завитків». На першій стадії бродіння («забіл») синтез SO_2 очевидно, пригнічується внаслідок високої концентрації метіоніну. На другій стадії активно ростуть і розмножуються дріжджі («низькі завитки») і зниження вмісту метіоніну в суслі ініціює кількість утворення SO_2 . На третій стадії («високі завитки»), де ріст дріжджів сповільнюється, продовжується незначне накопичення SO_2 внаслідок зменшення активності сульфідредуктази дріжджової клітини. Досліджувані раси дріжджів синтезують SO_2 в межах від 7,8 мг/дм³ до 8,4 мг/дм³. Подальша динаміка зміни вмісту SO_2 на стадії доброджування, залишатися практично без зміни, або може зменшуватися на 10—15 % внаслідок видалення SO_2 з діоксидом вуглецю і утворення сполук з леткими карбонілами.

В зв'язку з тим, що фізико-хімічні показники сусла, в тому числі кількісний склад амінокислот, в певні міри залежать від масової частки СР в ньому, тому наступним етапом було проведення досліджень по визначенню вмісту SO_2 в пиві залежно від масової частки СР початкового сусла при зброджуванні його різними расами дріжджів (Rh, 124, 163, Saflager W 34/70). Сусло, отримане за високогустинною технологією, розводили водою до різної масової частки СР і зброджували дріжджами з розрахунку 15—16 млн. клітин на 1 мл сусла протягом 8 діб при температурі 12—13 °С.

Вміст SO_2 залежно від масової частки СР в початковому суслі і раси дріжджів наведено в табл. 1.

Таблиця 1. Вмісту SO_2 залежно від масової частки СР в початковому суслі і раси дріжджів

Масова частка СР, %	Вміст SO_2 , мг/дм ³			
	Раса Rh	Раса 124	Раса 163	Раса W 34/70
8	2,0	2,2	2,3	0,6
10	3,9	2,7	3,0	0,7
12	8,1	8,2	7,8	1,1
14	12,5	9,8	11,0	2,3
16	18,1	16,5	17,0	4,4

Як видно з таблиці, зі збільшенням масової частки СР в початковому суслі підвищується вміст SO_2 в пиві. Слід відмітити, що найбільше синтезується SO_2 в межах масової частки СР від 10 до 12 %. При масовій частці СР 12—16 %, інтенсивність синтезу зменшується. Слід відзначити, що сухі дріжджі раси W 34/70 синтезують приблизно в чотири рази менше SO_2 в порівнянні з іншими расами.

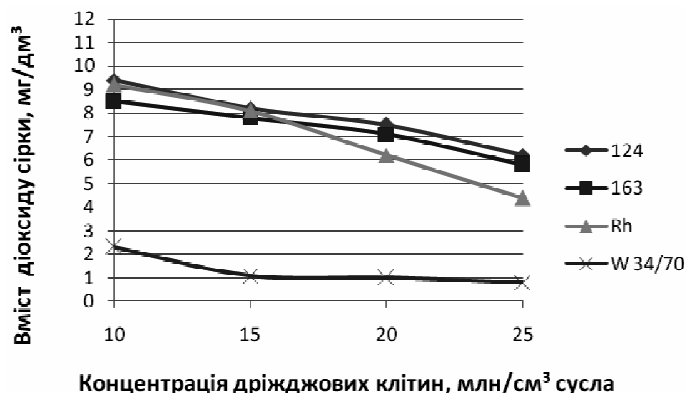


Рис. 2. Графік зміни вмісту SO_2 залежно від концентрації дріжджових клітин в початковому суслі і раси дріжджів

Оскільки в літературних джерелах існують розбіжності по інтенсивності синтезу SO_2 , залежно від кількості внесених дріжджів [8, 9], було доцільним дослідити вплив різної кількості внесених дріжджів на вміст SO_2 в пиві для різних рас дріжджів. Для цього сусло з масовою часткою CP 12 % (середня концентрація сусла) зброджували при температурі 12—13 °С протягом 8 діб. Зміну вмісту SO_2 залежно від кількості внесених дріжджових клітин в початкове сусло для різних рас дріжджів наведено на рис. 2.

Як видно з графіка, всі раси дріжджів при збільшенні кількості клітин в суслі від 10 млн/см³ до 25 млн/см³ синтезують меншу кількість SO_2 . Найбільше зменшується синтез SO_2 з використанням раси Rh. Раса дріжджів Saflager W 34/70 зменшує синтез SO_2 при концентрації дріжджів від 10 млн/см³ до 15 млн/см³, а при збільшенні кількості внесених дріжджів (від 15 млн/см³ до 25 млн/см³) синтез знаходиться практично на незмінному рівні. Тому, при виборі кількості внесених дріжджів в сусло необхідно враховувати фізіолого-біохімічні особливості кожної раси дріжджів окремо.

Відомо, що на збільшення вмісту SO_2 в пиві впливають всі фактори, які можуть негативно впливати на життєздатність і розмноження дріжджів [10]. Як свідчать дані літератури [10], для нормальної життєдіяльності дріжджовим клітинам в середньому необхідно 8 мг/дм³ розчиненого кисню, що містяться в середньому початковому суслі. Відомо також, що зі збільшенням CP в початковому суслі дріжджова клітина потребує більшу кількість кисню. Якщо кисню буде недостатньо або навпаки забагато, то це може призвести до зміни в синтезі кількості побічних продуктів бродіння. Тому наступним етапом було визначення впливу ступеня аерації на вміст розчинного SO_2 в пиві. Для цього середньої концентрації сусло, виготовлене в однакових умовах, аерували до різного ступеня насичення киснем (4, 8 і 12 мг/дм³) і зброджували расою Rh при температурі від 12 °С до 13 °С протягом 8 діб. Зміну вмісту SO_2 залежно від ступеня аерації початкового сусла наведено на рис. 3.

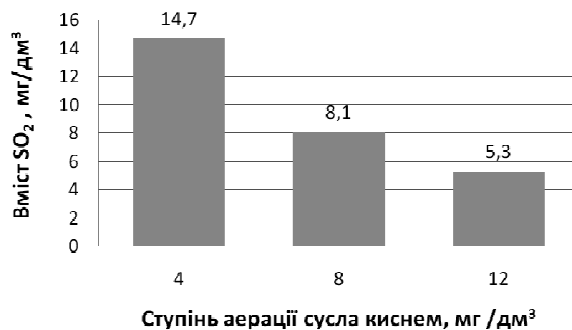


Рис. 3. Діаграма зміни вмісту SO_2 залежно від ступеня аерації початкового сусла

Як видно з рисунка ступінь аерації початкового сусла киснем суттєво впливає на вміст SO_2 в пиві після головного бродіння. Зі збільшенням ступеня аерації кількість SO_2 зменшується, що підтверджує дані літератури [9] про те, що більшість факторів, які пригнічують активність дріжджів сприяють збільшенню вмісту SO_2 в пиві. Очевидним також залишається факт, що ступінь аерації сусла, так само вагомо впливає на вміст SO_2 в пиві як і масова частка CP в початковому суслі.

Висновки. Отже, на основі проведених експериментальних досліджень встановлено, що:

1. Дріжджі активно синтезують SO_2 в перші 3—5 діб бродіння сусла. На стадії доброджування вміст SO_2 може залишатися практично не змінним або зменшуватися на 10—15 % внаслідок видалення його з діоксидом вуглецю і утворення сполук з леткими карбонілами.

2. Збільшення масової частки CP початкового сусла призводить до підвищення вмісту SO_2 в пиві, при чому найбільше синтезується SO_2 в межах масової частки CP від 10 % до 12 %, а при подальшому збільшенні масової частки CP інтенсивність синтезу SO_2 зменшується. При використанні сухих дріжджів синтезується значно менше SO_2 по відношенню до рідких дріжджів.

3. При збільшенні концентрації дріжджових клітин в суслі від 15 млн/мл до 25 млн/мл інтенсивність синтезу SO_2 зменшується.

4. Зі збільшенням ступеня аерації сусла від 4 мг/дм³ до 12 мг/дм³ кількість SO_2 в пиві зменшується.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бэмфорд Ч. Новое в пивоварении / Ч. Бэмфорд ; пер. с англ. И.С. Горожанкиной, Е.С. Боровиковой. — СПб. : Профессия, 2007. — 520 с. ISBN 978-5-93913-157-5.

2. Меледина Т.В. Качество пива: стабильность вкуса и аромата, коллоидная стойкость, дегустация // Т.В. Меледина, А.Т. Дедегкаев, Д.В. Афонин. — СПб. : ИД «Профессия», 2011. — 220 с. — ISBN 978-5-904757-16-8.

2. Annemüller G. Gdrung und Reifung des Bieres / G. Annemüller, Hans-J. Manger. — Berlin: VLB-Fachbücher, 2013. — 872 S. — ISBN 978-3-921690-73-4.

4. Duan W.A Parallel Analysis of H₂S and S₀2 Formation by Brewing Yeast in Response to Sulfur-Containing Amino Acids and Ammonium Ions / W. Duan, F.-A. Roddick, V.-J. Higgins // J. of the American Society of Brewing Chemists. — 2004. — № 62(1). — P. 35—41.

5. Вишняков И.Г. Повышение стабильности светлого пива путем регулирования серосодержащих компонентов : автореф. дисс. на соискание учен. степени канд. техн. наук : спец. 05.18.07 «Биотехнология пищевых продуктов» / Вишняков Игорь Григорьевич ; Санкт-Петербургский гос. ун-т низкотемпературных и пищевых технологий. — СПб, 2009. — 15 с.

6. Back W. Ausgewdhite Kapitel der Brauereitechnologie / W. Back — Nurnberg : Hans Carl -Fachverlag, 2008.—392 S. — ISBN 9-783-41800-8.

7. Ермолаева Г.А. Справочник работника лаборатории пивоваренного предприятия / Г.А. Ермолаева. — СПб. : Профессия, 2004. — 536 с. — ISBN 5-93913-055-0.

8. Nakatani K. Kinetic analysis of ester formation during beer fermentation / K. Nakatani, N. Fukui, K. Nagami, M. Nishigaki // Journal of the American Society of Brewing Chemists. — 1991. — №4. — S. 152—157.

9. Nordlqv H. Formation of sulfur dioxide during beer fermentation / H. Nordlqv. — Proceedings of the Congress — European Brewery Convention. — 1985. — S. 29—298.

10. Кунце В. Технология солода и пива / В. Кунце; пер. с нем. Г.В. Даркова, А.А. Куреленкова. — СПб. : Профессия, 2009. — 1064 с. — ISBN 978-5-93913-162-9.

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА СИНТЕЗ ДИОКСИДА СЕРЫ В ПИВЕ

Б.И. Хиврич, Б.В.Роздобудько

Национальный университет пищевых технологий

Проведено исследование влияния различных рас дрожжей, а также основных технологических факторов на содержание диоксида серы в пиве. Установлено, что дрожжи активно синтезируют диоксид серы в первые 3–5 суток сбраживания сусла. На стадии дображивания пива, содержание диоксида серы может оставаться практически без изменений, или уменьшаться. Увеличение массовой доли сухих веществ начального сусла приводит к повышению содержания диоксида серы в пиве, причем наибольшие количество диоксида серы синтезируется в рамках массовой доли сухих веществ от 10 % до 12 %, а при дальнейшем увеличении массовой доли сухих веществ в начальном сусле интенсивность синтеза уменьшается. При увеличении концентрации дрожжевых клеток в сусле от 15 млн/мл до 25 млн/мл, а также при увеличении степени аэрации сусла кислородом от 4 мг/дм³ до 12 мг/дм³ уменьшается синтез диоксида серы в пиве.

Ключевые слова: пиво, брожения, диоксид серы, дрожжи.