



(12) **BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ**

(19) **Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)**
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ

(11) 
1-0022951

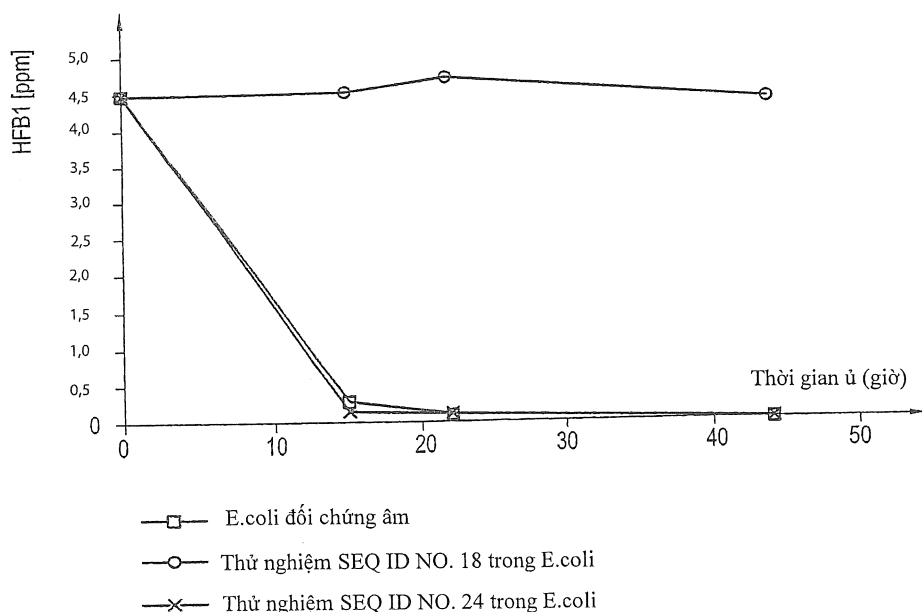
(51) **C12N 9/10**

(13) **B**

(21) 1-2011-00998 (22) 18.09.2009
(86) PCT/AT2009/000364 18.09.2009 (87) WO2010/031101 25.03.2010
(30) GM 501/2008 18.09.2008 AT
(45) 25.02.2020 383 (43) 25.09.2011 282
(73) ERBER AKTIENGESELLSCHAFT (AT)
Industriestrasse 21, A-3130 Herzogenburg, Austria
(72) MOLL, Wulf-Dieter (AT), HARTINGER, Doris (AT), GRIEBLER, Karin (AT),
BINDER, Eva Maria (AT), SCHATZMAYR, Gerd (AT)
(74) Công ty Luật TNHH T&G (TGVN)

(54) **CHẤT PHỤ GIA ĐỂ PHÂN HỦY CÁC FUMONISIN BẰNG ENZYM VÀ PHƯƠNG PHÁP SẢN XUẤT CHẤT PHỤ GIA NÀY**

(57) Sáng chế đề xuất phương pháp sản xuất chất phụ gia để phân hủy các fumonisin bằng enzym, trong đó ít nhất một trình tự axit nucleic của các gen tương ứng với các trình tự SEQ ID NO:1, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22 và 24 được tạo ra, ít nhất một trình tự axit nucleic được biểu hiện trong tế bào chủ nhân chuẩn hoặc nhân sơ, và ít nhất một enzym theo đó được tạo ra tương ứng với các trình tự SEQ ID NO:3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23 và 25, tùy ý cùng với đồng cơ chất, được sử dụng trong nguyên liệu thực vật thô.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến phương pháp sản xuất chất phụ gia để phân hủy các fumonisin bằng enzym và chất phụ gia để phân hủy các fumonisin bằng enzym, trong các nguyên liệu thực vật thô và các hỗn hợp chứa các nguyên liệu thực vật thô, cũng như việc sử dụng các gen.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Các mycotoxin thường có trong các sản phẩm rau nông nghiệp, và tùy thuộc vào loại mycotoxin, mà chúng gây ra các thiệt hại kinh tế nghiêm trọng, cụ thể là trong các thực phẩm được tạo ra từ các sản phẩm nông nghiệp này và ngay cả khi động vật và người ăn các thực phẩm này, thiệt hại đã nêu tăng cao. Nhiều phương pháp đã được phát triển để nỗ lực khử độc hoặc phân hủy, hoặc làm vô hại các mycotoxin này để hạn chế bất cứ thiệt hại nào do các mycotoxin gây ra trong lĩnh vực dinh dưỡng cho người và động vật, gây giống động vật, chế biến thực phẩm và thức ăn gia súc và tương tự.

Các mycotoxin đã biết bao gồm nhiều mycotoxin có quan hệ với nhau về cấu trúc, ví dụ như các fumonisin, trong số đó fumonisin B1 là độc tố phổ biến nhất trong nhóm. Tuy nhiên, có nhiều dẫn xuất và các phân tử liên quan cũng được biết đến là có các tác dụng độc hại cho người và động vật. Do đó, đã biết rằng các fumonisin làm suy yếu sự chuyển hóa sphingolipit bởi tương tác với enzym ceramit synthaza. Các sphingolipit không chỉ là các thành phần của màng tế bào, mà còn đóng vai trò quan trọng trong việc làm các phân tử truyền tin và tín hiệu trong nhiều quá trình tế bào cơ bản như sinh trưởng tế bào, di cư tế bào và liên kết tế bào, trong các quá trình viêm và các quá trình vận chuyển nội bào. Do sự suy yếu chuyển hóa sphingolipit này, các fumonisin đã được cho là chịu trách nhiệm về các tác dụng độc tính lên nhiều loài động vật khác nhau cũng như con người. Do đó, có thể chứng tỏ được rằng các fumonisin có tác dụng gây ung thư ở loài gặm nhấm, và dựa trên dữ liệu dịch tễ học, chúng liên quan đến bệnh ung thư thực quản và khuyết tật ống thần kinh ở người. Chúng chịu trách nhiệm cho chứng nhiễm độc điển hình do chúng phù phổi gây ra, ví dụ, ở các loài động vật khác nhau, như ví dụ lợn. Theo sáng chế, các fumonisin tạo nên

nguồn ô nhiễm hầu hết trên các cây trồng ngũ cốc khác nhau, cụ thể là ngô cũng như quả hạch và rau, và tác dụng tiêu cực liên quan đến sức khỏe của con người và động vật này là không thể bỏ qua.

Việc phân hủy các fumonisin bằng vi khuẩn đã được mô tả trong Đơn yêu cầu cấp patent châu Âu số EP-A 1860954, theo đó các vi sinh vật được sử dụng để khử độc các fumonisin và các dẫn xuất của fumonisin bằng cách bổ sung vào thức ăn các vi khuẩn và nấm men khử độc được chọn từ các chủng đã được xác định cẩn thận để khử độc các fumonisin.

Các con đường chuyển hóa dị hóa để phân hủy sinh học các fumonisin và các gen và enzym chịu trách nhiệm trong các con đường chuyển hóa dị hóa cũng được mô tả, ví dụ Đơn yêu cầu cấp patent châu Âu số EP 0988383, mô tả các phương pháp và các chế phẩm khử độc fumonisin, trong đó các enzym phân hủy fumonisin đặc biệt được tạo ra ở thực vật chuyển gen, trong đó sự khử độc các fumonisin được thực hiện nhờ sử dụng amin oxidaza mà nó yêu cầu oxy phân tử cho hoạt tính enzym của nó.

Hơn nữa, Công bố đơn quốc tế số WO 2004/085624 mô tả các transaminaza, deaminaza và aminomutaza cũng như các chế phẩm và phương pháp khử độc bằng enzym để khử độc, cụ thể là các độc tố được amin hóa, ví dụ các fumonisin. Theo sáng chế, các polypeptit có hoạt tính deaminaza được sử dụng để khử độc.

Từ Công bố đơn quốc tế số WO 00/04158, việc sử dụng các oxidaza amin phân hủy fumonisin trong việc sản xuất thực phẩm hoặc thức ăn cho súc vật và xử lý các nguyên liệu thực vật thô đã được biết đến.

Tuy nhiên, các phương pháp đã biết cho đến nay thường để khử độc các mycotoxin, các phương pháp này yêu cầu oxy phân tử cho các con đường chuyển hóa dị hóa đã được mô tả, còn các amin oxidaza đặc biệt cần thiết không thể hoạt động trong các điều kiện không phụ thuộc oxy. Việc sử dụng các gen và enzym này để khử độc thực phẩm, ví dụ trong các ống tiêu hóa của động vật, là không khả thi vì môi trường trong các ống tiêu hóa của động vật về căn bản không có oxy, các gen và các enzym đã biết do đó không thể hiện hoạt tính.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Sáng chế đề xuất các phương pháp sản xuất chất phụ gia để phân hủy các mycotoxin bằng enzym, phương pháp là khả thi để phân hủy an toàn và chắc chắn thành các chất không độc hại, hoặc khử độc các fumonisin.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Dưới đây, sáng chế sẽ được giải thích chi tiết hơn bằng các phương án thực hiện mẫu và các hình vẽ, trong đó:

Fig.1 mô tả cụm gen dị hóa fumonisin;

Fig.2 là biểu đồ thể hiện đường cong Michaelis-Menten đối với fumonisin carboxylesteraza FumD;

Fig.3 là biểu đồ thể hiện đường cong phân hủy fumonisin B₁ đã được thủy phân;

Fig.4 là biểu đồ thể hiện sự chuyển hóa fumonisin FB1 thành fumonisin HFB1 đã thủy phân sau khi bổ sung carboxylesteraza SEQ ID NO:9; và

Fig.5 là biểu đồ thể hiện sự phân hủy HFB1 đã thủy phân bằng cách bổ sung aminotransferaza SEQ ID NO:19.

Mô tả chi tiết sáng chế

Để giải quyết các mục đích này, phương pháp theo sáng chế được thực hiện theo cách là ít nhất một trình tự axit nucleic của các gen tương ứng với các SEQ ID NO:1, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22 và 24 được tạo ra, ít nhất một trình tự axit nucleic được biểu hiện trong các tế bào chủ nhân chuẩn hoặc nhân sơ, và ít nhất một enzym theo đó được điều chế tương ứng với các SEQ ID NO:3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23 và 25, tùy ý cùng với đồng cơ chất, được sử dụng trong nguyên liệu thực vật thô. Bằng cách cung cấp ít nhất một trình tự axit nucleic của các gen tương ứng với các SEQ ID NO:1, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22 và 24, nó có khả năng tách dòng và biểu hiện các gen phân hủy fumonisin hoặc mycotoxin đặc hiệu, sự biểu hiện, ví dụ, được thực hiện trong *E. coli* và *Pichia pastoris* sử dụng các quy trình chuẩn, các enzym biểu hiện tương ứng với các SEQ ID NO:3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23 và 25 sẽ thu được bởi nó, trong đó ít nhất một enzym được sử dụng tùy ý cùng với đồng cơ chất trên nguyên liệu thô được xử lý. Chất phụ gia được tạo ra theo phương pháp

này, mặt khác, cho phép phân hủy hoàn toàn và chắc chắn, ví dụ, các mycotoxin ngay trên các nguyên liệu thô, bằng các enzym đặc hiệu đã được tạo ra bởi phương pháp này xúc tác sự phân hủy các fumonisin và các chất trung gian của con đường phân hủy, và mặt khác, cho phép phân hủy các mycotoxin, ngay trong lúc sản xuất etanol sinh học trong nước ủ rượu để sản xuất rượu, hoặc để phân hủy và làm vô hại các mycotoxin ngay cả trong lúc sản xuất thực phẩm ngay trong quy trình sản xuất.

Các nguyên liệu thực vật thô trong sáng chế bao gồm các cây ngũ cốc hoặc các sản phẩm ngũ cốc, cây thân cỏ, quả hoặc các rau và các sản phẩm trung gian chứa các chất này để sản xuất thực phẩm và thức ăn cho súc vật, ví dụ, như thức ăn gia súc ủ xilô, dịch ngâm hoa quả hoặc tương tự.

Các chất phụ gia theo sáng chế là các chất phụ gia thức ăn đặc biệt, các chất phụ gia thực phẩm cũng như các chất phụ gia cho sản xuất etanol sinh học.

Phương pháp loại này còn có khả năng duy trì sự chuyển hóa sphingolipit bị yếu đi bởi sự tương tác của các fumonisin với enzym ceramit synthase trong khi, đồng thời, phân hủy sinh học các fumonisin thành các chất không độc. Cuối cùng, các ứng dụng công nghệ khử độc sẽ đạt được khi phương pháp này còn có thể ứng dụng trên một phạm vi kỹ thuật lớn hơn, do đó có thể sản xuất an toàn và chắc chắn các sản phẩm không có mycotoxin bởi phương pháp theo sáng chế.

Các trình tự axit nucleic được sử dụng trong phương pháp theo sáng chế, và các enzym được biểu hiện trong các tế bào chủ nhân chuẩn và nhân sơ bởi các trình tự axit nucleic đã nêu và hoạt tính xúc tác trong môi trường không phụ thuộc vào oxy, được liệt kê bên dưới.

Các axit nucleic:

Các trình tự:

>SEQ ID NO:1 (cụm gen *fum* (dị hóa fumonisin), 15420bp)

```
TGTCGGCGATCRGTAAACTTCTACCGTGGTCCCTCGTTCGCCACAKCATACATCACAGACRTCGGGATTTCCAACGTGAAC
GGGTCCCGGCTGCCGGCCACATTTCCCGGAACGCCATATGGGTGATTTTCGACAATCCGGTTCAGGCCAAGATGGGTG
CGCCCCATTTAACCGGGGTCGAAAGAGGTGATCTGGTCTTGTCCCTGAAAGGTTTTTGGCGTGCAGGGATAAACGACA
CCAAGTTGATGCTGGGACGTTATTGCGACGAAGGGAACCCCTTCGTGGCGTGCCGTCACGACTCCAGGCAGAAGGTTTGC
CGTACCGGGACCCGATTCTGTGACAATCGCGGCGACCTGTCCGGTGGTCTTGTAAATGCCCTCGGCCATATAGGCTGCCG
CGGCCTCGTGCCGCACCGGGACGAACAATATCCCATTTGTCTTCGAGCGCAGCCAGGAGCGGATCCACCTCCGGCGACATG
AGGCCGAAGACATACCGGACGCTTTCGACGGCCAACATCGTGCCAATAATTCTCCGCCCGTGAGGCGCATGACGATCTC
CAGTACGAAAGGTGAGTGCCAGGTTCCGGCACATTCGCTGTGGTTAGTTGATGCGCTGATCGGCCAACCGACTGAGTGG
AGTTGGATGGCCGCACCTTACCCTGTGCGGCATAACTCTCAGATCCGGAAACGGACCCGACATTAAATAGCGGCCGAC
CGGATCATAGGCAGAGCTGGTCCGGCTGGAAAACTGCTGGGGTGGTTCGTCGCTATTGGCGGATCTCGGTGCAACAAAT
TATTGACCGATAGAAACAGCTGCTGCTTCTGGCCAAAAGCCGCGATGTGCAAGGTCAATGTGCGCTCGGTGTACCAAACC
```

GCCGGAGCGTGGTTCAAATTCGTATCGACGCCCTCCACATTGTCGGCATTGAACACCGATGCTGCGATGAAGCGCTGCTG
 CACGAGAGCGCCCAATCGTCGGTCGAATATCGCGCCTGGAAGTTGGCCGACCATTGTCGGCTGTCGGTGTGTCGAGCG
 AACCGATGGCGCCGAGCCGGTCGCGATGCGATAGGCAGAGGTATGGTGGCTTGCCAGCGCACGAAGACTGAACGTGCCG
 CCGCCGACGGGCGTGAGTAATAGGCCTCGAAGTCAATCCCGCCGCTTTCTGGACAGCCAGGTTGAGATTGGGACCCGT
 CACTGTGATGGTGCCGTCCGGATTCTCCGTTATGAGGTGCGAGAAGAAGGTGTTTCTGTCATCGCACCGCTCGATTTCCT
 GCTGGGAAGGAGGAAATCGATCGCGCCCTTACCTTACCACATAGCGATCGACCGAAACTGAAACCCCGGCACGAAG
 GCGGGGCGTAGCACCGCGCGAATGTAAGGACGTCCGCTTTTCAGGGCGCAAAATCCGCGTTGCCGGCGGTAAGAACC
 CGTCTGCACAGCCTGTCCGCCATAAATTGAATTGAGCGTCGCTGACGGCCGGGGTGAATAGCTCGACAAGGCTTGGCC
 CGCGGATATCTCGCGAACGGGTGCGCGGGAACCTGAGGCGCTCGATCGGCTCATATTCTCCGCCAGCTTCCAGGTTGTT
 ACTCCACCGGACTGGCTGTAATCGGCATATCGGACGGCGCGGTTAAGTTCAGCGAACGTCCTCCAGCGCGCTGTCTTCAG
 AATCGGGACCGCGATTTCGACAAAACCTTCCTTGATGTCATAGCTTCCCGAGAAGGGAAGTGGGTTGTAGAGATTGAAGC
 CTCCAGGCGGACCTGCTGCGCCGCGGAGCCCCCTGATTCCCGTGATCGAGGTGCTGCGCTGCGATATCGCGTCGGT
 TCCTGCGGGGCTTCCTTTCGATATTGATACACAGCGCGACCGAGACCGGGCCCGCGCCGACGACAGGCTATCGCC
 GAGGTGCGCGGAAATCGTGAGTCCCGCCACATATTGCTCAAGCTCAGCTGAGCGACGCCATCAGCGGTGACATAGTCA
 TGGCCGACGCGCTCGCGGAGCTGTGCGGAGAGATTGAGCGGCGACGCAATCTTGGTCGAGGCGCGGAGTGTGAACGG
 CAGACGATATTGCCCGCGGGATCGCGGACCGCATCGACGGCGGCGTAGAGATTGCGGTTGATGGTGAGATTGTTTTACG
 AAGCTCGAGGTCCGTAAGGCCAAAGGAGGCGGAGCCATCGAGTTTCCAGCCATTGCCAATGTCTGCCCGGAAGCCGCGAG
 CGCGCGGTAGACTTTCGAAATTCGATTTCGACCAAGGGAAGTTCGTTGAGAAGCGAGACGACGATCGCATCGAAGCC
 TGGGCATTCTGTCCATGAGCGTCGCGAGTGGAGCCGAAGGAAGGCGTTATCACGGAAGATCCGGAATATTTCGAGCC
 ACCGACATGCGATATTACGAATGCACCCAGGTTGGTGTGGGAATAAGCATAGGTGCCCTCCGCATACACCTGCACAGTGT
 CGGACACATCATATCGCGCGCGTAGGAACGCGTTGTAGCGAAGCTGATCCGGGCGGAAGCCGATATTACGCGCGGTCCA
 TCGCCCGCGCTTCGGAACGACGAGCTCGTAAATTCCTGATGTCGAAGGTCCCTAGGACTCCTCCGGCGCAAAACCGCAT
 GCCTTTCAGAGGCGCGGACGTGACAAGTCCGCGTAGGATCCGCGAGAATCGCAATATCGGGCAGACCGGTGACGCGCTG
 TCGTAGCGCGGGCACGGGATATTGGCCGCGCGGATGTCGAACACGCGCGACCGCGTTGCTTCATCGGCCCGGATTCCG
 TCCTGTTGAAAATATTGAAAGCTGCCGAGCAAGTGCACCGGTCGTCGGCAACGAAGTCCGGAAGGCGATCGAACCGCC
 GTAGGACGGGAGGTGCGCGCGGTTGAAACACCCGACTGGAGCTCGGCCCTGATGCCTTCCAGATCTTCGTGCGACGCA
 AGTTGATGACGCGCGAAACGCGCATCGGAACCGTAGGCGGCGGAGGCGCGCGCGTACGACATCGACGCGCTTGACCAAC
 CCCTGCGGCGACGCTTGATATCGACCGAGCCTGTGAAATTTGGTCGCGACGAAACGGTTGCCGTTTCAGCAGGACGAGGT
 CGCGTTCGACCGAGGCGCGCATGTTGAGCAGTTCTGACCGCTGTTCGCCGTTTCGCCGTTCCGGGTGTCGCGAGG
 TCTTCAAGCTGTCGTTGAACACGGCGAGCTGGTTGAGTGCCTGGCAAGGTTGGTCGGAGATGCCTCCTTCAACTGCTCG
 CTGGATACCGGTGTAAACCGCGCTCGCGGAATTGAAGCGTTCTGGAGGCGGCTGCCGCTCACGACGATTTCGCTCGTTCC
 CCGTCCGTGCGCTTCGTCCGGCTGACCTATCGATCGGGATCGCTATCCTGAGCACTGGCAGACAGGAATGCGA
 GGGTGCCGAGCGCTACTGCGCGGAGCAAACTATTGCTTGGCCGGCTTTTCGATTCTGAACTTCCGATACATCTGCAGT
 CCTCCCGAATTGATAGGGACTCCGTTTGAAGTCCCTTGTTCCTTGACGCGCGCGTTCGCTCACCACGCTCCGGTCGGAGG
 CTAAGCGTCGGGCTTAAGGACCCGCAATTTGAACATCAATGCAATGATCGGAGGCTTCATTGCACTTCGCGCATAGACC
 GCGCGGTAGCTGAAAGTGCAATATCAGGATTTTGTGTAACAGTTGCGGCGATGACGTCGCGCATGACGTCGCGCATCGGCGGTT
 GCGGCGATCGACGTGGCTTTCGCGTCCGCGCCCTCAAGCACCGCGGAGTTGCATTAAATGGGATGAGGCTGGAGAGAC
 GCAAAATCTCTGAGGACCGCGCTGAACGCGCGATCCGTCGCTCGAGGGTCTCCGTTACATCGTCAACTGTATGGGCGCG
 AGAGAGAAACATATTGTGATAGGGATGAACATAGACGCGCCCTTCAGGCACGCGCGCGCCACGCATAGCCGATCCGAA
 AATCGGGATCGTCCGCAAGAAATATTGCGGCGATCTGCGCGGCGCGCTGCTGCTTCAACTCAAGACCATGGCGCTGAGAC
 TGTGCTCCAGGCTGCGCGAGGCGCGCGCTGGCGATCAGCGTTTCGAGATAAGGCGTCTCTCGAATGATCTCTGAG
 GGTTCGATCGCGCGCGCATCGGTACCGCAGAGAACCAGAAGGAGCGGTCACAAATATATCCCGCGCGCATCGCGCG
 CCTTTCGAGAGTATCGGAGCGGAGATCGGATGCGCAATTCGCAAAAGCATTTTCCCGAGCACTTCGCGCATCGGCGGTT
 CCAAAATGCGTCCAGTGAATCGCGCGCACCCGGAACCTGCGCGCACATCGTCAACGACAGAGAAGCGCACCGGCTCTC
 GTCAAACTATTTCGAGCGGTGCGCGGCAACTCAAGCTGGGCGAGGCGCTGGTCTTCAAACTTCTGTCGGAAGGTTG
 TGGCAAGACAGCGCAATATCGCCATCGTGGCGCTTGAACGCGTCCGATAAGCTTTGGGCGCTGTTATAGGTATAATAT
 GGATATCTCGGGGCGGATCGGAAGCGGAAATCCGGCGATGCGGAGTGTTCACGGGGAAGCGCATGATAGGCGCTTT
 GCGCGATAATATGGTTTTGCGCCCCGATGGGCGCGCGGAGAACCATCGCGGTTGAGGTGGCATCGCTGCCATTTTTGC
 AGAACATCGCCCAATCCGATGACGGACCATGCCACAAAGGCTTCGGCGAGGTTGACCATGATCTCGGAAGGACCGGTC
 ATGGTGTGCGGAGAAAGTCTGCTGCGCATAGCCGCGGCTTCGATTTCGATTGCGGTAACCGCAAAATTTGGCCCAT
 CGCGCACATATAGTCGATATAGGGGTGCTCGTGGCGTCCCAATTCGTGCCCCAGCGCGCGCTGAAGAAGTGGGGGA
 ATTCTGGCGGCGAGCAACCGTGTGACTCGTGGCGGTACATCCCGCCGGAATGACCGGTTTCGCGCGCTTCTCTGAGTCT
 TCTGACCTTGTTCGGTTCGCCATAATGCACCTCTCGCGATAAATAATGGGTAAAAATCCACGAATTAACGATTCTGTGA
 TCTGAAAGAGATATCTTGTAAATATATGATATATAATATACAAATCGCAATCGGACGAGCGGACGAGGAG
 GACGGGGAAATCTATGCGGAACGTGAGCGACAAGGCGCGCGCCACGAGACGCTCACCGTAGTCTCGCGGCAATGATCG
 TTGGCACGGCGGCTTGTGTTGCTTGAATACAGCCATCCTTCTCGGCGGCTTGTAGAGGAGGGGCGATTTCGCCGCG
 GAGGGGTTGGGATCGGCGGCAACGTTGGAATACTGGCGATCGCGCGGGAACATGCATCGACCGGCTTCTTATGAAGAC
 GGGATATCTCGGGCGGGAATGCGCGGCACTCTGCTTAATGCTCGCGCAATCAACTTCGGATTGACGTTGCGGGGTTTCG
 ATTTGCCCATCGTGGCTTGGCGAGCGGCGAGCGGAGCCCTGGAAGGTTCTTCGCTCAGCGCGCGATCTCTGATCATGACT
 CATAATCGGCGCGGACCGGCTGAGCGGAATATTCTGGGCGCGAGACGATACCGCAGGTAATATCTGCTTATTGCT
 CCCGAGGAGATTATTCCGCGCTGGGGGAGCGCGAGGCGGCTTACGATCCTGGGCTTCTCGCGCGATCGCGCGGATCG
 CGGCTCTGTGCTCTGTCGATCGCGTTGAGCTCGATCCGACGACCGTTAACGACGACTTGCAGTGGTACCCGCGGCGATC
 GTCATTTTCGATGGCGGCTTCTGTTCAATTCCTCGGGGTCGGTCCGCGATGGAGCTATCTGGAGCGACTGGCTGCGCAGCA
 CGGATTTTCGGGAGAAACGATCGGTATCGCCATTTCCGGGAGTTGCTTTGCCAGGTAGGCGGGGCTTGGCTGGCCGCTT
 GGATATCTCGGGCGGTCGGATATCGCTTCGCTTAATCGCTGGGAGCCTGCTTCAGGCGGGCAACGATGATCGCATTCGGC
 GTGGCGGATCAGCCAAGCTGTTTTATTTCGCTTCTGTGCTTTCGGCTGTTCTGGTTGGCGATCGAGCCCTTCCAAAT
 CCGCTTCGCGATCGCGATAGATAACAGCGCGGAGCTTGTGTACTGCTGACGCGGATCGCCCTCTCGGGTTGAGCGCGG
 GGCCCTTGTGCTCTCTCGCTTTCGCGGGCGACCGACTTGCCTGATCTTTGTGGGAGTTGACCTTGTGCTGGCC
 AGCGCGCTTCTGTATCTTTGCGCTTCTCTGTTTCAACCGCGCGGAAAGGTGATCGCTGAACCGGTGGACGTATGAAAAAG
 ACGGATCGGGGTTTCGCGATGACATCGCAGGTCAAGCTTCGTAGCGCGGCAAGCGGCGCGCGAGTCTTAAAGCGAGCGA
 GGTCTTGTCTGTTACGAGTCTTGTGTTGATGCGACCGACAGGCTGTTGGTCGATCTAGACCCGATCAGGTTCGCTCTCTA
 TCAGATTGCAAGGAAGCGGGTGCCTCACCGTCTGCTCTATCATTTCTTTCCGACCAAGGAAGTGGCTCATCTCGCTC
 TGATGCGCGCTATCTGGAGGGGCTCCGGAATCTCGACGCGATGGAAGTCGACATCGGCCAGCTCGAAAGCTGGCAGGAC
 CTGATGAAGTTGGATCAGATCAGGGCGCGAGACTATTATAATAGCCACCCGCGCGCTCAAGCTTCTGTTTCGCGGATA
 TGGCGGGGTCGAGGCCAGAAAGCTTGACGAGCGATACTCCGAGGAATCGTGAGCTCCATGTATGGCAGATACAACGGCA
 TTTTCCATATCGCCGAAATGGAGAATGAGGCTCTCATGTTACGATCTGCTTCGCAATTCTCGACGCGGATGGGCGGTC
 TCCTTTCGCGGTTTCGTTGAAATTACGTCGGATTTCTTTCGGGAGGGGCAAGCGGCTTGCATTGCTTATGCGGACACTA
 TCTGCCGAGCGAACCGCATCAGCGTGAATCCGTTCAACGATATGAGGAATGTCGTTGCGTTGAGTTTCGTTTCTGAGT

TCGGTCCGGTTAGGAGGCCCGCGATAAACCAACGCTCTTCTGTGCAAGGGATGTCGCCTGGTTCGACCAGGCCCTGCGAA
 GTCAAGCCCAATCAACGAGGCGAGATGTCAACGTGGCCAGCAAGTTCAACTGTGAGTTACTCGATCTGCGATCATTTGTTG
 CGGTGTATGAAACGCGAAGTTTATGCCACGCCGCGCGCTTCTGAATCAATCGAGCCCGCGCTCAGCCGGAGAATCCAG
 CGCCTCGAGAGTCTCTGTGGCGGTCGCTTGTTCGAGCGGACAGTCCGTGCTGCTTGCAGAACGCGCTCGGCAAGAGTT
 GCTCCCGGTGCGCCACCGAGCGTTGGAACTTGTCGATACGTGCTGTTTTCGCTGCGCCAAATGTCGGGAGTTCCGCTGGA
 CAGACATCACGATTGCTGTGTACAGACCGCGCTTCCATGTTCTCCCGCGAGCTGCGCGCTTGTACATGGATCAAAAT
 CCGAGGGTCCGACTCCGCATCCTTGACGTCCGCGGTCGAGGCTGCGGACCTGGTTGCGAGCGGCGAGGCTGGTTCGG
 CATCAGCATTGAGACCTGTTGCCATCAAGCCTGCGGTTTCGATGCGCTCCACGAGGACCCGTTTCGGCTGCGATGCCACC
 GAAGCCATCCGCTGGCGTCGCTCGAGATCCTTGAATGGACGCAATTGAAAGGTGAAAGCCTGATCGCCGTTACCCGTGCG
 AGCCGGAACCGCACGTTGCTCGATGCCGAACCTCGCGCGCAACAATATCGCGCTGGAATGGCGGTATGAGGTGCGCGCATCT
 GACGACGGCGCTGGGATTGATCGATGCGCAATTGGGTGTCGCTGTTATGCCCGCATGGTTATGCCCGCTCGGGTCGGT
 CGGAGGTGCTGTCGCGCCCCGTCGTCGCGCCGTCGTCACACGACGATCGGCATCGTTTCAGCGCCGACCCGGCTCGATG
 CACCCTGCGCGACAGCAATTGCTTGC CGCGCTCCGCGCGCTGGTTCGTCGCCAATCTGGGCGACATCGCGCTCGCGA
 AGATGGGGCATCGTGACACGCGTTCTATGCGCCTGCAGCATCGATGCTCAGCATCATTTGCATTGCTGAGAGACGAACGC
 GAAGATACCGCTGGGTACAGGATATCAGTCCATCGAGCGGGAGAGAAATGTGTGAAAGAGCAACATGCGCGTGGCGCG
 CGGCGCTCCCGCTGCGCCGCGCACGTGGCTTGC CGCGATCAGCGTTTCCCGGGGGGCTCCGCCATCGCCTGGACCTT
 CATGCTTGGCGCAACTGCCATTTCCCGTGGCTGCGCAACTGACGATCCGAAGCTCGTTTCGTCATACCCAGTTCGGGCGCG
 TCGAGGGCGTCGAGGGCGACGTCGAGACTTTTTGGGAATACCTTCGCGGCTCCGCGGTCGCGGCTGCGATGGCG
 CCGCGGCTCCGCGGAGGGCTGCGGGGACGAGCGAAGACTGCCTCTATCTGAATATCTGGTCTCCCAACAGGTTCGGTAAGG
 GGGGCTCCCGTCATGATCTGGGTTTACGGCGGTGGGTTTAGCGCGGTTTTCGCGCGGTGCCATATTATGACGGCTCT
 GCGCTCGCGCAGAAGGGCTGCTGCTCAGCTCACGTTCAACTATCGCGCGGATTCGCGGCTTCTTGGCCATCGCGCT
 TTCAAAGGAAAGTCCGAATGGCGTGTGCGCAACTATGCTCTTCGACATGCTCGCGGCTTCAAATGGGTTCAGAAC
 ACATAAGGGAGTTTCGCGGAGACCCGAACCGTGTACGCTCTTTCGCGAGTCCGCGGCGCGAGCGCGCTCGGATGCTC
 CTGACCTCGCGCTCAGTGAGAGCGCTTCAATCAGCGGATCTGCAAGTCCGGGTCTGGCCAGGACCTTCGCCACGCT
 TTCTGAAAGCGAAGCAATGGGCTGGAGCTGGGAGCGCATATTCTGCTCTACGGCGTGGCGATGCGGGCGAATTGACGA
 AGATCGCGCAATCGCGAATACCCATGTGCGCGCAGTTACCAAGCCGCGGCGGATGGGTCCGATTCTGGACGGCTATGTT
 TTGCGCACCCCTTGACGTCGATGCTTCGCCAAGGGGCTTCGCCAAGATACCCGTTCTGGTGGCGGAAACGCCGACGA
 AGGCGCGCTTTTACGGATCGCTGCGGTCGCGTCAAAACGGTCTTGAATATCGAGCCTATCTCAGCAACCAATTTGGTGAG
 AGGCGGACGATGGGAGCGTTGTTATCCCGCAACTCCGACGCGACGTCGCCCGCGCGTTGCCCGCTTTTTGGGGAT
 AGTCAGTTCAACACGGGATCGAGCTGCTCTCGCGAGCTTCGCGAAATGGCGAACGCCGCTTTGGAGATATCGCTTTAC
 GGGCATTCAGGAGCGCGGCTGCGCCCGCCACGATGGAGACGAAATTCCTATGTTCTTCGCAATCTGGGCGCGCTGCT
 CCGTATCTATGTTGGGTGCTGCAAGGCGCGCGCGGCGCTCGGACATCAAACTTCGCGACCGCAATGTCGCGCGCTGG
 GTGAGCTTCGCGGTGCGCGGGTCCCGATCAGGGCAGCAAAATCGCACTGGCGCGCTTCGAGCGGCGAGGGGAGATCAT
 GACTTTTGGTTTCGAGGTTGGCTCTGGGGAAGGTCTTGGAGTTTCGCGGAGCAAGCCTGCCAACCCCTCAAAATAGCGCC
 CGGCTGTCGCTGCTTCAGACGCGCTCCCGCTTTCGCGGCGACGGGCTGTGCCCTCTGCTTGCCTAGCAAGTAAGTTGG
 CTACGACGTCGCGATAATTGGAGGTGGCAACGCTGCATTGACGGCAGCCGTGACGGCGGCTGAAGCGGGGCGCTCGGTT
 TTGTGATCGAGCATGCGCGCGCGCATGCGCGCGGCGCAACAGTCGTCACACACGCAATATGCGTACGATGACGCAACGT
 CCCCTGTGCGCGTTGACCGGTGAATATTGGCGGACGAATATTGGAATGATCTTGTCCGCTCACGGGGGGCGCACCGA
 CGAAGAACTCGCGCGGCTCGTTATCCGCAACACACCGCTATTCCCTTCATGACGCGCTGCGGTGTCGCTTCCAGC
 CCTCGCTGTGCGGCGAGCTGAGTTTATCGCGAACCACGCTTCTTCCTTGGCGGCGGGAAGGCGCTTGTAAACGCATAT
 TACGCCATCGGCGAAGCGCTAGGCGTCGATATTCTCTATGATTCTGAGGTGACCGAGATCAACCTTCAGCAAGGCGTCTG
 CGACGCTGCTTACGATTGCGCAGCGGGGATTCCTGTGCAAGTGAAGCAAGGCTGCCATCGCTCTCGGAGGATTC
 AGGCAATCTTGACTGGCTCTCAAGCGCATGGGGGCTGCTGCGGCGAACTTCATCGTACGGGGCAGGCCATATGCGACT
 GGCACGGTCTCAAGAACTGTTGGAGCAAGGCGTCGCTCGGTGGGAGATCCAACCAATGCCATGCTGTGCGGATCGA
 TGGGCGAGCGCCCAATACGACGGCGCATCGTCACACGACTGGACTGCGTTCCCTTCTCGATCGTCGTCAACAAGGACG
 CTTTGGCGCTTCTACGATGAAGCGAAGATGTGTGCGCGAAGCGTTACGCCATATGGGGTTCGTTGGTGGCAGCAGCGCT
 GATCAGATCGCTTTCAGCATAATCGATCGGCGAGCCGAAGACCTTTCATGCGCTCAGTGTTCCTCCCGTCAAGCGGA
 CACGATCGCGGCTTCGCGGAGAACTCGGTCTGAATCCGTAACCTTGAACGACGCGGTGGCGGAATCAACGCCGAT
 CGGTGCGGCGGCAATTCGCGCGGCAAGATCTCGACGACCTTCACACCGAGGAATCGAACCAAGAAATCAACTTGGGCC
 CGACGATTATTGTGCCCCGTTTCAGCGCTATCTCTCGCGCCGGGATCACCTTACCTATCTCGCGCTCAAGGTAGA
 CAGCGGTGCGCGGCTCATCATGGAGACAGGTGAGCGGACAAAAACCTGTTTGTCTCGGGGAAATATGGCGGGCAGCA
 TTCTCGGCCAAGGTTATCTCGCTGGATTGGAATGGCGATTGTTACCGTATTCGCGCGCATCGCGGTTGGGAGGCCGA
 CGTCTCGAGGATTTTGTATCTCGTAAATGCTGTCTGACTTGCCTGCGCGCGGAGCTGGAAGGAGTGAAGTATGAG
 AGGTGTGCAACGCGTGGCGCTATTGCGAAGGTTCTGCGCGGTTTCTGCAATGACCTTGCAGCGCTCATTTCCGCCAGC
 GCGCATCTCAGCCACCTCGCCAACTCTCGCCACTCGTGCCAAAGGTTGCTATTACGCTGCCAATACGCCCTCCGCATGA
 GTTCGGAATAAACGTTCCAAAGGCGCTGTCGGAGTTGCGGCTCGAGAGCTACGAGCAGCATGCTTGGCCCGCGCGCTCG
 CCGCTCTCTATCGCAAGAAATGCGCTCATATTTCATCTTGTGCGCGCATGCATAACCGCGCTCTTCTGCTTGC
 ATCTTCAACGGGATGCACTTTTCGCGAAACACGATCGGTGCGCGGCGCGGCTTTTACACGTTATTCCTTATCAGGC
 GATGATTGCGCTGCGCGGACACATTTCTTTATTCGCGCTGCGCTGCGCATCAGTCTCGTTTCGCTTTTCGCGGACGA
 TCGGTCTGGGAATTAAGGTTCTTTATCAGCACGTGCGCGTTCTTCGGGCGCTACGCGATGCGCGACTCTGCGATATCT
 GCGGCGAGCGAGCGGAGGGGTGTAACGACGCGGACGAGACATTTTCGACGACCCGCGGAAATTTATCAGCGCCCTTGC
 CTATGGCTTCGGACTTTGTTTCGCGGCCACAGCCAGGGCAGCATCTACGATCATATGTTTCGGCTGGCGGCGCGCTATG
 CGCTTTTACGTTGCGGGTCTCTAGGACCGTTGGGGGATCGGAATGGTCTGTTGGGCGGATCGGCTACTCTGGCTC
 AAGCTGGCGCGCGAAGACGCTCTCGATCACCGGCACTGCTTGGGCGGATGTTGCCCTGTTGGTCTTCTGCTTGGCCT
 AGCGGCAACGGGCTCTCTTTTAGCGGTCCGACGACCGAAGTCATGGGCTGCGGCTCGCGCTCCATCTCGCGCTCG
 TCTTGGCCTTCTTTTGGTGATGCCATACGCAAAATTTGTCACGGTATCTTCAGGCTCACGGCTCTCGTGGCCATCAT
 GCTGACCGGAGCAAGTAATGGCTTCGCTCCAGCCCTCCACGAAAAAGGGTTAAACAATGGAACATATGAATTCCTT
 TCGCATCGCAGTAGCGTCATGCGCATCGTGTGAGAGTGGCGAGTGGCAACTGTCTCGAGCAATATGATTTCTTCTTACG
 GCTTCTATGCGGATATATTGCGAGAAGCTTTTTCCGACCGGCGATAACGCGACATCGCTCATGCTTTCATTGGCCACT
 TTTGGCGCTGGTTTCTCATGAGGCGCTTGGGGGCGATTCTTCGCGGCTCATACGATCGCGTGGGCGTTCGGAAAGG
 CCTGATCGTGACACTCGCGATCATGGCCGTGGAACCTCACCATTTGCGATGACTCCAAGCTATGAGGCAATTGGATTAC
 TCGCACCGGTTATCGTGTCTGTCGGGCGACTTTTGCAGGGTTTTTCCGCTGGAGCAGAGTGGGTGGCGTCTCAGTGAT
 TTGGCGAAATTCGCTGCGCCAAATCGAGAGGCTTCTTCACTCGTGGCAGTCTGCCAGCCAGAGGTGGCGCTCATGAT
 CGCGCGCGGATCGGCTTTCGCTGCAATCAACGCTTTCACCGGAGCAATGAACGACTGGGATGGCGGTTGCCCTTGT
 TGATCGGATGCTTTGATTATCCCGTGATACTGCGCTGCGCGGCTCTTCCCGGAAACGAAGCTTATCTCACATGGAG
 CACAAGGCGCATTCGATCGCGCAATCCCTCCGCGAATTGCAACAGAGCTGGGGGCTGATCTTGACGGGCGATGGCGATGTC
 GATCCTACGACGACCACTTTTACATGATTACCGCTATACGCGACATTTGGCGAGAAAGCACTCGGACTGAGCCCCG

AAGATGTCCTGCTGGTTACCATCATGGTCGGCGTGTGCGAACTTCTGTGGCTTCCGATCGGGGGTGCCTCTCTCGGATCGT
 ATCGGTAGAACCCCGATCCTACTGGTCGTGCCGGTCACCGTTCTCGCCATCGCCTTTCCCTGATGAGCTGGCTCGTCGC
 GGCACCGACATTCGGAGCGCTTGCAGCTGTTCTGCTGACTTTCTCCGATGCTTTGGACTCTATAATGGGGCGCTCATCG
 CGAGACTCACCGGAGATTATGCTCCCGCATTAGAACCTTGGCTTCTCGCTGGCGTTCACTCTCGCGACCTCGCTGTTT
 GCGCGCTTACCCCCATTGGTAAGTACGGCGCTAATCCACGCGACGGGCAGCAATTCGCGCCTGCAATCTGGCTCTGTTT
 TCGCGCTTTCATCAGCTTCGTGGTGTGGCGCATCGACCCGGCTGAGCCGGCCAATCGCCGAAGGCCAGATAGGACA
 ATCAGAGAATGCCGTGCGGCAATGAAGCGAGATTTCGGCGGTAGGTGCGCTGGCGGCACTTCGCGAAGAGCCGTTGCGG
 ACGGCTGAAACGATGATGGTATGAATGGGCTAAGACATGAGAGCAGTAGTTTACCGAAATGGCGAACTTGTCTGGGGG
 CTATGCTGATCGGATACCCGCCCGCGGGCAGGTGCTCGTCAAGACCAGAGCATGCGGCATCTGCGGATCTGACCTTCATT
 TTTGCGATCATGCGCAGGCGTTTACGAACCTTGCATCGCGGGCGGGTATCGCCTCTATGGAAGTTGATTGTGTCGAGAC
 ATCGTTCTGGGCGATGAATTCTGTGGCGAGATTATGGAGTTTCGGGCCCTCTGCGGATCGTCTCGTTCAAACCCGGACGCT
 TGTGTGCTCGCTGCCGTGGCGATCGGTCCGACCGGAGCGCGGACGATTGGCTACTCGGATGAGTATCCCGCGGGCTCG
 GCGAATATATGGTCCACGGAAGCGCTCTTGTGCTGTTCCGAACGGCTTCCGGCGACCTGCGCGCGCTGACGGAG
 CCGATGGCGGTGGGATGGCATGCCGTGAGATCGCGCAGGTTCAACCACATCACATCCCTGTGGTGAATCGGTCGGGAC
 GGTCGGGTTGGCAGTCGTGCTGCCCTGAAACATAAGCAAGTTGCTCCGATTATGCGTCGGATCCATCGCCGATCGCG
 GTGCTCTTGTCTGCGGATGGGCGCCGACGCGCTTGTGATCCGCGCGAAGAATCACCTTTCGCCAGGCGGAGAAGATC
 GCACGCCCGGTGGGACAAGTGGGGCCCTGTCCAGCTCATTGCTGTCAAAGTCTCAAATGATATTGCAATGCGTAGGGGT
 GCGGGGATGCTTCGGCATGCGATGGACGGCGCGTCCGACGGGTCGAGATCATGGTCTGTGGCGCATGCAATCGAGCCG
 ACGCGATCGAGCCCATGATCGGGATGTTTAAAGCGCTCACGATCAAATTCGCGAACTTACACGGGTGAGGAATTCGCC
 GCGGTGCTTACATGATAGGTGAGGGCGCACTCGACGTATCTCCGCTCGTACCAGTGTGATTGGCTGTCCGATGTCCT
 GTCCGCGTTTGGGCTCTACGGAGTCCAGGCGCCCAAGCAAAAGTATTGTGGACCTTGGCGCTGAGCTGAGGATGCC
 AAGGGTCCGACGTTGGGCATCGTCAAAGAAGCGCAGCTTACCCCGTATGTGAACATCCCATATTTCTCCGACGTGAA
 GCAGTTGGTAAACATGCCAAATATGAAGTGTAGTATTGCGTCGGGGTTCTCATTTGGGGTTTGGCATTGTATCGCTC
 GCACCCGGCGCAAAAGATTAGATGACTTCCGATAATCCGTGCTCTCGACCTGGCCTTCTTCATATATTTTCAGGACCTC
 TCCGACCATGCGTGGCGCGGATCGGGATCGGCGAGGCGTTGGTTTCACTGCGGTGAGTTCAGTTGATCTTCGTAAGAG
 AGAACACCTCCTCGGCTAACTGCGCGCGGTACTATCGCAGGATCGTCTCGAGCGTYCGC

>SEQ ID NO:2 (*fumA*)

ATGCGGAACGTCAGCGACAAGGCGCCGCCCCACGAGACGCTCACCGTAGTCGTGCGGGCAATGATCGTTGGCACGGCCGC
 CTTGATGGTGCTTGGAAATACAGCCCATCCTTCTCGGCGCCCTTGTAGAGGAGGGGCGTATTCGCGCCGAGGGGTTGGGAT
 CGGCGGCAACGGTGGAAATCTGGCGATCGCGCGGGAACATGCATCGGACCCGTTCTTATGAAGACGGGATATCTCGCG
 GCGAAATGCGCGGCACTCTGCTTAATGCTCGCGCAATCAACTTCGGATTGACGTTGCCGGGTTTCGATTGGCCATCGT
 GGTTCGCGAGCGGCAGCGGAGCCCTGGAAGGTCTTTGCTCGCTCAGCGCGCGATCCTGATCATGACTCATAATTCGGCGGC
 CGGACCGGCTGAGCGGAATATTTCTGGGCGCGCAGACGATACCGCAGGTAATATCTGCTTATTTGCTCCCGACGGAGATT
 ATTCGCGGCTGGGGAGCGCAGGCGGCTTACGATCCTGGGCATTCTCGCGCGCATCGCCGCGATCGCGGCTCTGTGCT
 CGTCGATCGCGTTGAGCTCGATCCGACGACCGTTAACGACGACTTGCAGTGGTCACCCGCGCGATCGTCATTTTCGATGG
 CGGCATTCGTTCAATTCTCGGGGTCGGTGCCGATGGAGCTATCTGGAGCGACTGGCTGCGCAGCACGGATTTTCGGGA
 GAAACGATCGGTATCGCCATTTCCGGGAGTTGCTTTGCCAGGTAGCGGGGCTTGGCTGGCCGCTTGGATCGGTGGCG
 GGTGCGGATATCGCTTCGCTTAATCGCTGGGAGCTGCTTCAGGCGGGCAACGTCATCGCATTTGGCGGTGGCCGATCAGC
 CAAGCTGGTTTATTTCCGCTTCTGTGCTTTCGCGCTGTTCTGGTTGGCGATGCAGCCCTTCCAAATCCGCTTCGCGATC
 GCGATAGATAACAGCCGCGCAGCTTGTGTAAGTGTGACGCGGATCGCCCTCGTCGGGTTGAGCGCGGGGCCCTTGTGTCT
 CTCTCGCTTTGCCGGGCGACCGACTTGCCTGGATCTTTGTGGGGAGTTTCGACCTTGTGCTGGCCAGCGCGCTTCTGT
 ATCTTTGCGCTTCTCTGTTTCAACCGCGCGGAAAGGTGATCGCTGAAACGGTGGACGTA

>SEQ ID NO:4 (*fumB*)

ATGACATCGCAGGTCAAGCTTCGTAGCGCGCAAGCGGCCGCGCAGTCTTAAAGCGAGCGAGGTCTTGTCTGTTACGA
 GTCCTTGCTTGATGCGACCGACAGGCTGTTGGTCGATCTAGACCCCGATCAGGTGCGGTCTCTATCAGATTGCAGAGGAAG
 CGGGTGCCTCACCGTCGCTCCGTCTATCATTCTTTCCGACCAAGGAAGTGGCTCATCTCGCTCTGATGCGCCGCTATCTG
 GAGGGGCTCCGGAATCTCGACGCGATGGAAGTCGACATCGGCCAGCTCGAAAGCTGGCAGGACCTGATGAAGTTGGATCA
 GATCAGGGCGCGAGACTATTATAATAGCCACCCCGCCCTCAAGCTTCTGTTGCGCGGATATGGCGGGGTCGAGGCCA
 GAAAGCTTGACGAGCGATACTCCGAGGAAATCGTGAGCTCCATGTATGGCAGATACAACGGCATTTCATATGCCGCAA
 ATGGAGAATGAGGCTCTCATGTTACGATCTGCTTCGCAATTCTCGACGCGGTATGGGCCGTCTCCTTTTCGCGGTTCCG
 TGAAATTACGTCGGATTTCTTCGGGAGGGGCAAGCGGCTTGCAATTGCCTATTTGCCGACACTATCTGCCGAGCGAACGC
 CATCAGCGTGA

>SEQ ID NO:6 (*fumC*)

GTGGCCAGCAAGTTCAACTGTGAGTTACTCGATCTGCGATCATTGTTGGGTGTATGAAACGCGAAGTTTTCAGCCACGC
 CGCGCGGCTTCTGAATCAATCGCAGCCCGGCTCAGCCGAGAAATCCAGCGCTCGAGAGTCTCGTGGGCGGTCCGTTGT
 TCGAGCGGACAGTCGGTCGCTTGCCGAAACGGCGCTCGGCAAGAGTTGCTCCCGGTGCGCCACCGAGCGTTGGAACCTT
 GTCGATACGTCGCTGTTTGCCTCGCCCAATGTCCGGGAGTTCCGCTGGACAGACATCACGATTGCTGTGTACAGACCGC
 CGCCTTCCATGTTCTCCCGGAGCTGCGCGCTTGTACATGGATCAAAATCCGAGGGTCCGACTCCGCACTTTCGCTGCGT
 CGCGGCTCGAGGCTGCGGACCTGGTTGCGAGCGCGGAGGCGGAGTTCCGCGATCAGCATTGAGAGCTGTGCTCATCAAGC
 CTGCGGTTTCGATGCGCTCCACGAGGACCCGTTCCGCTGGCATGCCACCGAAGCCATCCGCTGGCGTCTGTCGAGATCCT
 TGAATGGACGCAATTGAAAGGTGAAAGCCTGATCGCCGTTACCGTGGCAGCGCGAACCAGCAGTTGCTCGATGCCGAAC
 TCGCGCGCAACAATATCGCGCTGGAATGGCGGTATGAGGTGCGGCATCTGACGACGGCGCTGGGATTGATCGATGCGCAA
 TTGGGTGTCGCTGTTATGCCCGCATGGTTATGCCCGCTCGGGTCGGTGGAGGTCGCTGGCGCCCCGTCGTCGCGCC
 GGTGTCACACGACGATCGGATCGTTACGCGCGCACCGGCTCGATGCACCTGCCGACAGCAATTGCTTGCAGCGCG
 TCCGCGCGGCTGGTCGTCGCCAATCTGGCGCATCGCGTCTCGCAAGATGGGCATCGTGA

>SEQ ID NO:8 (*fumD*)

GTGAAAGAGCACCAATGCCGTGGCGGCCGGGCGTCCCCCGTGCGCCCGCCACGTGGCTTGCGGGGATCAGCGTTTCCCG
GGGGGCTCCGCCATCGCCTGGACCTTTCATGCTTGGCGCAACTGCCATTCCCGTGGCTGCGCAAACTGACGATCCGAAGC
TCGTTTCGTCATACCCAGTCGGGCGCCGTCGAGGGCGTCGAGGGCGACGTCGAGACTTTTTTGGGAATACCCCTTCGGCGCT
CCGCGCGGTCCGGCGACCTGCGATGGCGGCCGCCGCTCCGCCGAGGGCGTGGGCGGGCACCAGGACCGGCCCGCGCTTGC
GCCCCGATTGCATCGGGAACGAGCGGCTTAGAGAGGGGAGCCGGGCTGCCGGGACGAGCGAAGACTGCGTCTATCTGAATA
TCTGGTCTCCCAAACAGGTCGGTAAGGGGGGGCTCCCGTCATGATCTGGGTTTACGGCGGTGGGTTAGCGGCGGTTCT
GGCGCGGTGCCATATTATGACGGCTCTGCGCTCGCGCAGAAGGGCGTGGTGGTCTGTCAGCTTCAACTATCGCGCCGGAT
TCTGGGCTTTCTTGCCCATCCGGCGCTTTCAAAGGAAAGTCCGAATGGCGTGTGGGCAACTATGGTCTTCTCGACATGC
TCGCGCGCTTCAAATGGGTTTCAAGAACATAGGGAGTTCGGCGGAGACCCGAACCGTGTACGCGTCTTTGGCGAGTCC
GCCGCGCGAGCGCGCTCGGACTGCTCCTGACCTCGCGCTCAGTGAGAGCGCCTTCAATCAGGCGATACTGCAAAAGTCC
GGTCTGGCCAGGCCGCTCGCCACGCTTTCTGAAAGCGAAGCGAATGGGCTGGAGCTGGGAGCCGATATTTCTGCTCTAC
GGCGTGCCGATGCGGGCGAATTGACGAAGATCGCGCAATCGCGAATACCCATGTGCGGCCAGTTACCAAGCCGCGGCCG
ATGGGTCGCGATTCTGGACGGCTATGTTTTGCGCACCCCTTGACGTCGATGCTTTCGCCAAGGGGGCTTCGCCAAGATACC
CGTTCTGGTTCGGCGAAACGCCGACGAAGGGCGCGCTTTTACGGATCGCTTGGCGTCAAACGGTCTTGAATATCGAG
CCTATCTCAGAGAACAAATTTGGTGACGAGGCGGACGATGGGAGCGTTGTATCCCGCGAACTCCGACGCCGACGTCGCC
GCCGCGTTGCCGCTTTTTTGGGATAGTCAGTTCAACAACGGGATCGAGCTGCTCTCGGCAGCCTTCGCGAAATGGCG
AACGCGCTTTGGAGATATCGCTTTACGGGCATTCCAGGAGCCGGCGCTCGCCCCGCCACGATGGAGACGAAATTCCTT
ATGTCTTCGCAAACTTGGGGCGCTCGTCCGATCTATGTTTGGGTGCTCGAAGGCGGCGCGGGGCGCTCGGACATCAAA
CTTGCGACCGAAATGTCGCGCGCTGGGTGAGCTTCGCGGTGCACGGGTCCCCGATCAGGCGACGAAATCGCACTGGCC
GCGCTTCGAGCGGCGAGGGGAGATCATGACTTTTGGTTCGCGAGTTGGCTCTGGGGAAGGTCTTGAGTTTCGCCGAGCA
AAGCTCGCAACCCCTCAAAATAG

>SEQ ID NO:10 (*fumE*)

TTGGAGTTTCGCCGAGCAAAGCCTGCCAACCCCTCAAAATAGCGCCCGGCTGTGCGTGCTTACGACGCGCTCCCGCTTT
GCGGGGACGGGCTGTGCCCTCTGCCTAGAAGGAAGTAAGTTGCGTACGACGTCGCGATAATTGGAGGTGGCAACGCTG
CATTGACGGCAGCCGTGACGGCGGTGAAGCGGGGCGCTCGGTTCTTGTGATCGAGCATGCGCCGCGCGCCATGCGCGGC
GGCAACAGTCGTCACACACGAATATGCGTACGATGACGCAACGTCCTTGTGCGGTTGACCGGTGAATATTCGGCGGA
CGAATATTGGAATGATCTTGTCCGCGTACGGGGGGCGCACCCGACGAAGAAGTTCGCGCGGCTCGTTATCCGCAACACCA
CCGACGCTATTCCTTCATGACGCGCTGCGGTGTGCGTTTCCAGCCCTCGCTGTGCGGCGACGCTGAGTTTATCGCGAAC
AACGCTATTCCTTTCGCGCGCGGAAGGCGCTTGTAAACGCATATTACGCCACGGCCGAACGGCTAGGCGTCGATATTC
CTATGATCTGAGGTGACGAGATCAACCTTCAGCAAGGCGTCGTCGAGCGTCTGCAATTGCGGCGCGGATTCCTCTG
TCGAAGTGGAAGCCAAGGCTGCCATCGCTCGTCCGGAGGATTCCAGGCAATCTTGACTGGCTCTCAAGCGCATGGGG
CCTGCTGCGGCGAATTCATCGTACGGGCGACGCCATATGCGACTGGCAGCGGTGCTCAAGAACCTGTTGGAGCAAGGCGT
CGCCTCGGTGGGAGATCCAACCCATGCCATGCTGTGCGCATCGATGGGCGAGCGCCCAATACGACGGCGGCATCGTCA
CAGACTGGACTGCGTTCCTTCTCGATCGTCTGCAACAAGGACGCTTTCGCTTCTACGATGAAGCGGAAGATGTGTGG
CCGAAGCGTTACGCCATATGGGTCGCTTGGTGGCACAGCAGCCTGATCAGATCGCTTTACGCATAATCGATCGGCAGGC
CGAAGACCTCTTCATGCCGTGAGTGTCCCGCCGTCGAAGCGGACACGATCGCGGGTTCGGCCGAGAACTCGGTCTGA
ATCCCGTAACCTGGAACGCACGGTGGCGGAATTCACGCGCATGCGTGGCGCGGAATTCGGCGCGCAATTCGCGCATCGAC
GACCTCCACACCGGGAATTCGAACCAAGAAATCCAACTGGGCGCGACGATTATTTGCCCCGTTTCAGCGCCTATCC
TCTCCGCGCGGGATCACCTTCACCTATCTCGGCGTCAAGGTAGACAGCCGTGCGCGGGTTCATCGGAGACAGGTGAGC
CGACAAAAACCTGTTTGTCTCGGGGGAATAATGGCGGGCAGCATTCGCGCAAGGTTATCTCGCTGGATTGGAATG
CGATTGGTACCGTATTCGCGCGCATCGCGGGTTGGGAGGCGCACGTCATGCAGGATTTTGA

>SEQ ID NO:12 (*fumF*)

ATGCAGGATTTTGATCTCGTAAAAATGCTGTCTGACTTGCCGTGCGCGCCGGAGCTGGAAGCCAGGCGCGTTATGGAGGT
GTGCAACGCGTGCCGCTATTGCGAAGGGTCTGCGCGGTATTTCCTGCAATGACCTTGCAGCGTCATTTCCGCCAGCGGCG
ATCTCAGCCACCTCGCAATCTCTGCCACTCGTGCCAAGGTTGCTATTACGCCCTGCCAATACGCCCCCTCCGATGAGTT
GGAATAAACGTTTCAAAGGCGCTGTCGGAGTTGCGGCTCGAGAGCTACGAGCAGCATGCTTGGCCCCGGCCGGTCCGCCG
TCTCTATCGCAAGAATGCGCTCATCATTTCCATCTTGTGCGCGGCATGCATAACCGGCGCTCCTTCTGCTTGCCGCCATCT
TCACGGGGATGCACTTTTCGCGAAACACGCATCGGTGCCCGCGCGGGTTTTACAACGTTATTCCTTATCAGCGCATG
ATTGCGGTCGCGGGCACCACATTTCTTTATTCGCGCTGGCGCTGGCGATCAGTCTCGTTTCGCTTTTCGCGGACGATG
CTTGGGAATTAAGGTTCTTTATCAGCAGCTGCGGCTTCTTCGCGCGCTACGCGATGCGGCGACTCTCGCATATCTCGGCG
GCAGCGACGGCGAGGGGTGTAACGACGCGGACGAGACATTTTCGACGACCCGGCGAAAAATTCATCACGCCCTTGCCAT
GGCTTCGGACTTTGTTTCGCGGCCACAGCCACGGGACGATCTACGATCATATGTTTCGGCTGGCCGGCGCCCTATGCGCT
TTTCAGCTTCGGGTCGTCCTAGGGACCTTGGGGGATCGGAATGGTCTGTTGGGCGCATCGGCCCTACTCTGGCTCAAGC
TGCGCGCGAAGACGCTCCTCGATCACCGGCACTGCTTGGGCGGATGTTGCCCTGTTGGTGCTTCTGCTTGCCATAGCG
GCAACGGGCTCCTCCTTTTAGCGGTCCGACGACCGAAGTCATGGGCGTCGCGCTCGCCGTCATCTCGGCGTCGCTT
GGCCTTCTTTTGGTGATGCCATACAGCAAATTTGTCCACGGTATCTTCAGGCTCACGGCTCTCGTGCGCCATCATGCTG
ACCGCGAGGCAAGTAATGGCTTCGCTCCAGCCCTCCACGAAAAAGGGTTAA

>SEQ ID NO:14 (*fumG*)

ATGGAACATATGAAGTCCGTTTCGGATCGCAGTAGCGTCATGCAGATCGTGAGAGTGGCGAGTGGCAACTGTCTCGAGCA
ATATGATTTCTTCGTTTACGGCTTCTATGCGGCATATATTGCGAGAAGCTTTTTTCCGACCGGCGATAACGCGACATCGC
TCATGCTTTTCATTTGGCCACTTTTGGCGCTGGTTTCTCATGAGGCCCTTGGGGCGGATTTTTCTCGGGTCTACATCGAT
CGCGTCGGGCGTCGGAAGGCCGTGATCGTGACACTCGGATCATGGCCGTCGGAACCCCTACCATTCGATGACTCCAAG
CTATGAGCAATTTGATTACTCGCACCGGTTATCGTGCTCGTGGCGGACTTTTGCAGGGTTTTTCCGCTGGAGCAGAGT
CGGGTGGCGTCTCAGTGTACTTGGCGGAAATTCGTCGCGCCAAATCGAGAGGCTTCTTCACTCGTGGCAGTCTGCCAGC
CAGCAGTGGCGGTGATGATCGCGCGCGCATCGGTCTTGGCGTGCATCAACGCTTTCACCGGACCAATGAACGACTG
GGGATGGCGGGTGGCTTGTGATCGGATGCTGATTATCCCGTGATCTGCTGGCTGCGCGGCTCTCTCCCGGAAACGA
AAGCCTATCTCCACATGGAGCACAAGGCGCATTCGATCGGCGAATCCCTCCGCAATTGCAACAGAGCTGGGGGCTGATC
TTGACGGGCATGGCGATGTGATCCTCACGACGACCACCTTTTACATGATTACCGCTATACGCCGACATTTGGCGAGAA

AGCACTCGGACTGAGCCCGCAAGATGTCTGCTGGTTACCATCATGGTCGGCGTGTGCAACTTCTGTGGCTTCCGATCG
GGGGTGCTCTCTCGGATCGTATCGGTAGAACCCCGATCCTACTGGTCGTGCCGGTCACCGTTCTCGCCATCGCCTTTCCC
CTGATGAGCTGGCTCGTCGCGGCACCGACATTCGGAGCGCTTGCAGCTGTTCTGCTGACTTTCTCCGCATGCTTTGGACT
CTATAATGGGGCGCTCATCGCGAGATCACCGAGATTATGCCTCCCGCCATTAGAACCCTTGGCTTCTCGCTGGCGTTCA
GTCTCGCGACCTCGCTGTTCCGGCGGCTTACCCCATTTGGTAAGTACGGCGCTAATCCACGCGACGGGCAGCAATTCCGCG
CCTGCAATCTGGCTCTGTTTTCGGGCTTTCATCAGCTTCGTGGGTGTGGCCGATCGACCCGGCTGAGCCGGCCAATCGC
CGAAGGCCCGCAGATAG

>SEQ ID NO:16 (*fumH*)

ATGAGAGCAGTAGTTTACCAGAAATGGCGAACTTGTCTGGGGGCTATGCTGATCCGATACCCGCCCGGGGAGGTGCT
CGTCAAGACCAGAGCATGCGGCATCTGCGGATCTGACCTTCATTTTTCGATCATGCGCAGGCGTTTACGAACCTTGCAT
CGCGGGCGGGTATCGCCTCTATGGAAGTTGATTGTGTGCGAGACATCGTTCTGGGGCATGAATTCTGTGGCGAGATTATG
GAGTTCCGGGCCCTCTGCGGATCGTCGCTTCAAACCCGGACGCTTGTGTGCTCGCTGCCGTGGCGATCGGTCCGACCGG
AGCGCGGACGATTGGCTACTCGGATGAGTATCCCGCGGGCTCGGCGAATATATGCTCCTCACGGAAGCGCTTGTGTGCTG
CTGTTCCGAACGGCCTTCCGGCGACCTGCGCGCGCTTGACGGAGCCGATGGCGGTGGGATGGCATGCCGTGAGATCGCG
CAGGTTCAACCACATCACATCCCTGTGGTGATCGGGTCGGGACCGGTTCGGGTGGCAGTCGTGCTGCCCTGAAACATAA
GCAAGTTGCTCCGATTATTGCGTCGGATCCATCGCCCGATCGCGGTGCTCTTGCTCTGCGGATGGGCGCCGACGCCGTTG
TCGATCCGCGCGAAGAATCACCTTTTCGCCAGGCCGAGAAGATCGCACGCCCGGTTCGGACAAGGTGGGGCCCTGTCCAGC
TCATTGCTGTCAAAGTCTCAAATGATATTGCAATGCGTAGGGGTGCCGGGCATGCTTCGGCATGCGATGGACGGCGCGTC
CGACGGGTCCGAGATCATGGTCGTTGGCGCATGCATGCAGCCGGACGCGATCGAGCCCATGATCGGGATGTTTAAAGCGC
TCACGATCAAATTTCTCGCGAACTTACACGGGTGAGGAATTCGCCCGGTGCTTACATGATAGGTGAGGGCGCACTCGAC
GTATCTCCGCTCGTTACCGATGTGATTGGCCTGTCCGATGTCCCGTCCGCTTTGAGGCTCTACGGAGTCCAGGCGCCCA
AGCAAAAGTGATTGTGGACCTTGGCGCTGA

>SEQ ID NO:18 (*fumI*)

ATGGCGAACGGAACAAGGCAGAAAGATCTCAGAGAACGCGCGAACGGGTCAATTCGGGGCGGGATGTACGGCCACGAGTCGACACGGT
TGCTGCCGCCAGAATTCCCCAGTTCTTCAGGCGCGCGCTGGGGGCACGAATTTGGGACGCCGACGAGCAGCCCTATATCGACTATATGTGCGC
GTATGGGCCAAATTTGCTCGGTTACCGGCAATCCGAAATCGAAGCCGCGGCTGATGCGCAGCGACTTCTCGGCGACACCATGACCGGTCCCTTCG
GAGATCATGGTCAACCTCGCCGAAGCCTTTGTGGGCATGGTCCGTCATGCGGATTTGGGCGATGTTCTGCAAAAATGGCAGCGATGCCACCTCAA
CGGCATGGTTCTCGCGCTGCCCATACGGGGCGCAAAACCATATTATGCGCCAAAGGCGCCTATCATGCGCTTCCCGTGGAACACTCCGCA
TACTGCCGGGATTCTCGCTTCCGATCGCGTGCATGTGCGATATTATACCTATAACGACGCCCAAAGCTTATCGGACGCGTTCAAGGGCGCAGAT
GGCGATATTGCGGCTGTCTTTGCCACACCTTTCCGACACGAAGTATTTGAGGACCAGGCCCTCGCCAGCTTGAGTTCGCGCGCACCGCTCGAA
AATGTTGTGACGAGACGGGTGCGCTTCTGGTCGTTGACGATGTGCGCGCAGGTTTCCGGGTGGCGCGGATTGCAGCTGGACGCATTTGGGTAT
CGAACCAGATCTCAGTTGCTGGGAAAATGCTTTGCAATGGGTATCCGATCTCCGCCCTGCTGGGCTCGAACAAGGCGCGCGATGCGGCGCGG
GATATATTTGTGACCGGCTCCTTCTGGTTCTCTGCGGTACCGATGGCGGCCGCGATCGAACCCTCAGGATCATTCGAGAGACGCTTATCTCG
AAACGCTGATCGCCAGCGCGCGCCCTGCGGGCAGGCCTGGAGGCACAGTCTCAGCGCCATGGTCTTGAGTTGAAGCAGACGGGCCCGCGCA
GATGCCGCAAATATTCTTTGCGGACGATCCCGATTTTCGGATCGGCTATGCGTGGGCGCGGCGTGCCTGAAGGGCGGCGTCTATGTTTCATCCC
TATCACAAATATGTTTCTCTGCGGCCCATACAGTTGACGATGTAACGGAGACCCTCGAGGCGACGGATCGCGCGTTACGCGCGGTCTCAGAG
ATTTTGGCTCTCTCCAGCCTCATCCATTTTAAATGCAACTCGCCGGTGCTTGA

>SEQ ID NO:20 (*fumJ*)

ATGTATCGGAAGTTCAAGATCGAAAAGCCCGGCAAGGCAATAGTTTGTCTCGCGCAGTAGCGCTCGGCACCCTCGCATTTCTGTCT
CTGCCAGTGCTCAGGATAGCGATCCCGCATCGATAGGTACGCGGACGAAGCGGACACGGACCGGGGAACGAGCGAAATCGTCGTGACCGGCAG
CCGCCCTCCAGAACGGCTTCAATTCGCCGACGCGCGTTACAGCCGTATCCAGCGAGCAGTTGAAGGAGGCATCTCCGACCACCTTGGCGACGCA
CTCAACCAGCTGCCCGTGTTCACGACAGCTTGAAGACCTCCAACCCTGGCAGCAGACCCCGGAACGGGGAACAGCGGTCAGAACCTGCTCAACA
TGCGCGGCCCTCGGGTCAAACCGGAACCTCGTCTCTGCTGAACGGCAACCGTTTCGTCGCGACCAATTTACAGGCTCGGTCGATATCAACGTGCT
GCCGACGGCGTTGGTCAAGCGCTCGATGTGCTGACGGGCGGCGCTCGGCCGCTACGGTTCCGATGCCGTTTCGGGCGTCATCAACTTCGTG
CTCGACGAAGATCTGGAAGGCATCAGGGCCGAGCTCCAGTCGGGTGTTTCAACCCGCGGCGACCTCCCGTCTACGGCGGTTTCGATCGCCTTCG
GCACTTCGTTTTCGCGACGACCGGTTGCACTTGTCTCGGCAGCTTCAATATTTTCGACAGGACGGAATCCGGGCCGATGAAGCAACGGGTGCGCG
CTGGTTCGACATCGCCGCCCGGCAATATCCCGTGCCCGGCGCTACGACAGGCGTCACGGTCGTGCCCCGATATTCGAGTTCTCGCGGATCCTAC
GGCGGACTTGTACGCTCCGCGCTCTGAAAGGCATCGCGTTTTTGCCTCGGAGGAGTCTAGGGACCTTCGACTACGGGAATTTTACGAGCTCGT
CGTTCAGAGCGGCGGCGATGGACCGCGCTGAATATCGGCTTCGCCCCGGATCAGCTTCGCTACAACGCGTTCTTACGCGCCGATATGATGT
GTCCGACACTGTGCGAGGTATGCGGAGGGACCTATGCTTATTTCCACACCAACCTGGGTGCATTGCTAATATCGCATGTGCGGTGGCTCGAAT
AATTTCCGGATCTTCCGTGATAACGCCCTTCTTCCGGCTCCACTCGCGACGCTCATGGACAGAAATGCCAGGCTTCGATCGTTGTGCGTTCGCT
TCTCAAGCGACTTTCCCTTGGTCAAAATCGAGAATTTTCGCAAGGTCTACCGCGGCGCTGCGGCTTCGGGCGAGACATTGGCAATGGCTGGAA
ACTCGATGGCTCGGCTCCTTTGGCCTTACGGACCTCGAGCTTCGTGAAAACAATCTCACCATCAACCGCAATCTCTACGCCCGCTCGATGCG
GTCCGCGATCCCGGGCAATATCGTCTGCCGTTCAACACTGGCCGGCCTCGACCAAGATTGCGTGCCGCTCAATCTCTTCGGCACAGGCTCGC
CGAGCGCTCGGCCATCGACTATGTACCGCTGATGGCGTCTGCTCAGCTGAGGCTTGAGCAATATGTGGCGGACTCACGATTTCCGGCGACCT
CGGCGATAGCTGTGCTGCGCGCGGGCCCGGCTCTCGGTCGCCGCTGGTATCGAATATCGAAGGAGAGGGCCCGCAGGAAACCGACCGGATA
TCGACGGCGACGACCTCGATACGGGAATCAGGGGGCTCGGGCGGCGCAGGAGGTCGGCTCGGCTGGAGGCTTCAATCTCTACAACCCACTTCCCT
TCTCGGGAAGCTATGACATCAAGGAAGGTTTTGTGCAAAATCGGCGTCCCGATTCTGAAGGACAGCGCGCTGGGACGTTTCGCTGAACCTTAAACGG
CGCCGTCCGATATGCGGATTACAGCCAGTCCCGTGGAGTAACAACCTGGAAGCTGGGCGGAGAAATATGAGCCGATCGACGGCCTCAGGTTCCCG
CGCACCCGTTTCGCGAGATATCCGCGGGCCAAGCCTTGTGAGCTATTTCGACCCCGGCGTCAGGCGACGCTCAATTCATTTATGGCGGACAGG
CTGTGACAGCGGGTTCTTTTACC CGCGCAACGCGGATTTGCGCCTGAAAAGGCGGACGTCCTTACATTCGCGCGGCTGCTACACCCCGCCTT
CGTGCCGGGGTTTTCAGTTTTCGGTTCGATCGCTATGTGGTGAAGGTGAAGGGCGCGATCGATTTCCTCCTTCCCCAGCAGGAAATCGACGCGTGC

GATGCAGGAAACACCTTCTTCTGCGACCTCATAACGGAGAATCCGGACGGCACCATCACAGTGACGGGTCCCAATCTCAACCTGGCTGTCCAGA
AAGCGGCGGGAATTGACTTCGAGGCTATTACTCACGCCCCGTCGGCGGCGGCACGTTTCACTCTCGTGCGCTGGCAACGCACCATACCTCTGC
CTATCGCATCGCGACCGGCTCGGCGCCCATCCGTTTCGCTCGGACAACCGGACACGCCAAAATGGTCGGCCAACTTCCAGGCGCGATATTGACC
GACGATTGGGCGCTTCTCGTGCAGCAGCGCTTCATCGCAGCATCGGTGTTCAATGCCGACAATGTGGAGGGCGTCGATACGAATTTGAACCACG
CTCCGGCGGTTTGGTACACCGACGCGACATTGACCTTCGACATCGCGGCTTTTGGCCAGAAGCAGCAGCTGTTTCTATCGGTCAATAATTTGTT
CGACCGAGATCCGCCAATAGCGACGACGACCCAGCAGTTTTTCCAGCCCGACCAGCTCTGCCTATGATCCGGTCGGCCGCTATTTTAATGTC
GGGTCCGTTTCCGGATCTGA

>SEQ ID NO:22 (*fumK*) không hoàn thiện

ATGCGCCTCACGGGCGGAGAATTATTGGCAGCATGTTTGGCCGTCGAAGGCGTCCGGTATGTCTTCGGCCTCATGTCCGCGAGGTGG
ATCCGCTCCTGGCTGCGCTCGAAGACAATGGGATATTGTTTCGTCGCCGTCGCGCACGAGGCCGCCGACGCTATATGGCCGAGGGCATTACAA
GACCACGGGACAGGTGCGCGGATTGTACGAATCCGGTCCCGGTACGGCAACCTTCTGCCTGGAGTGTGACGGCACGCCACGAAGGGGTT
CCCTTCGTCGCAATAACGTCCGAGCATCAACTTGGTGTGTTTATCCCTGCACGCCAAAACCTTTCAGGGACAAGACCAGATCGACCTCTTTC
GACCCGCGGTTAAATGGGCGCACCCATCTTCGCTGGAACCGGATTGTCGAAATCACCCATATGGCGTTCGGGAAATGTGGGCGCGCAGGTC
GGGACCCGTTCAAGTTGGAATCCCGARGTCTGTGATGTATGKTGTGGGCGAACGAGGACCACGGTAGAAGTTTACRGATCGCCGACA...

>SEQ ID NO:24

ATGGAATTGAGCCGCCAACGAGACCAGGCTTGAAGGAGCGCGCCCAAGCGGTGATCCCGGCGGGATGTACGGTCACGAGTCGACCT
ATCTGATGCCCGAGGGCAGCCACAGTTCTTCAGTCGCGGCAAGGCGCCGACTTTGGGACGCCGACGGCAACGAGTATGTCGATTACATGTG
CGCCTATGGCCCCAACCTGCTGGGTTACGGCTTCGAACCCGTCGAAGCGGCCCGCAGCCAGCAAGCCCGGGCGGATACCTTGACCGGGCGG
TCGGAGGTGATGTTGAGTTGGCGGAAGACTTCGTCGCGCAAAATCAGCCACGCGGACTGGGCCATGTTCTGCAAGAACGGCACAGACCCACT
CAATGGCGATGGTCATCGCGCGCGCACACACCGGCGGGAAGACGATCTCTGCGCGAAAGGCGCCTATCATGGGCGCGCGCTTGGTGCACGCC
GATCCTGGCCGGAACGCTACCGGAGGATCGCGCCTTTGTAGTCTACTACGACTACAATGACGCCCCAAGCCTCGTCGACGCTTCGAGGCCAT
CAGGACGAGTCGCGCGGATCTTCGCCACCCCTCACCGTCACGAGGTGTTTACGCGACGAGATCGATCCTGATCCGGAATATGCGGCCAGCGTGC
GGGCGCTTCGCGACAAGAGCGCGCCTGCTCGTCTCGACGAAGTTCGAGCCGGGTTTACGATCGCGCGGACTGACGCTGGGCCAAGATCGG
CGTCTCGGCTCGGATCTGAGCACCTGGGGCAAGTGTTCGCCAACGGCTATCCGATCTCGGCGGTCTAGGGGGCGAAAAGGTGCGCAGCGCGGCA
AAGGCGCTACGTCACCGGCTCGTTCTGGTTCTCGGCCACGCCATGGCCGACCGCTCGAAACCTGAAGCAAATCCGCGAGACCGACTATC
TCGAGCGGATCAACGCGCGCGGACCGCCTGCGCGAGGGCTCGACGAGCAGGCTGCTCACAACGGCTTACGTTGCGCCAAACGGGCGCGT
CTCCATGCCCCAAGTCTCTTCGAGGAAGATCCCGATTTTCGGGTCGGCTACGGCTGGGTTTCGCGAATGCCTGAAGCAGGGGTGTAATTCAGC
CCCTACCATAACATGTTCTCTGTCGGCGGCCCATAGCGAGGCGGACCTGGCCAAAGACCTTTCGGGCTACCGCGCAGCGCTTCGTCGAGCTACGCG
CCAAGCTTCGAGCCTAGAAATCCACCAACCCCTCTCGCCCTGAGAGCGGCTAA

Các enzym

Các trình tự:

>SEQ ID NO:3 (*FumA*)

MRNVSDKAPPHELTIVVVAAMIVGTAALMVLGIQFILLGALVEEGRIPAEGLGSAATVEI
LAIAAGTCIGPVLMTGYLRAKCAALCLMLAAINFGLTLPGFDLPVACRAAGALEGLS
LSAAILMTHNRRPDRLSGIFLGAQTIPQVISAYLLPTEIIPRWGSAGGFTILGILAAIA
AIAALCLVDRVELDPTTVNDLQWSPAATVISMAAFVQFSGVGAWSYLERLAAQHGFSG
ETIGIAISGSLLCQVGGAWLAAWIGGRVGYRFALIAAGSLQAGNVIALAVADQPSWFISA
SCAFGLFWLAMPFQIRFAIAIDNSRQLAVLLTPIALVGLSAGPLLLSRFAGATDLRWIF
VGSSTLLLASALLYLCASLFQPRGKVIETVDV

>SEQ ID NO:5 (*FumB*)

MTSQVKLRSAKRPRSPKSERGLARYESLLDATDRLLVDLDPDQVGLYQIAEEAGASPSS
VYHFFPTKEVAHLALMRRYLEGLRNLDAEVDIGQLESQDLMKLDQIRARDYNSHPPA
LKLLFGGYGVVEARKLDERYSEEIVSSMYGRYNGIFHMPQMENEALMFTICFAILDAVWA
VSFRRFGEITSDFLREGQAACIAYCRHYLPERTPSA

>SEQ ID NO:7 (*FumC*)

VASKFNCCELLDLRSFVAVYETRSFSHAARLLNQSQPALSRRIQRLESIVGGPLFERTSRS
LAETALGKELLPAHRALELVDTSLFASPNVREFRWTDTIACVQTAAAFHVLPRARLYM
DQNPVRVRLRILDVPAVEAADLVASGEAEFGISIESLLPSSLRFDALHEDPFGIACHRSHP
LASLEILEWTLQKESLITAVHRASRNRTLLDAELARNNIALEWRYEVAHLTTALGLIDAQ
LGVAVMPRMPVMPRSGRSEVVWRPVVAPVVQRTIGIVQRRTGSMHPAAQQLLARLRAWSS
ANLGDIASREDGAS

>SEQ ID NO:9 (*FumD*)

VKEHQCRGGASPAAPATWLARISVSRGASAIAWTFMLGATAIPVAAQTDDPKLVRHTQS
GAVEGVEGVETFLGIPFAAPPVGDRLWRPPAPPRAWAGTRDGRRFAPDCIGNERLREGS
RAAGTSEDCLYLNISPKQVKGGLPVMIVVYGGGFGSGGAVPYDGSALAQKGVVVVT
FNYRAGILGFLAHPALSKESPNGVSGNYGLDMLAAFKWQNNIREFGDPNRVTVFGES

AGASALGILLTSPLESFAFNQAILQSPGLARPLATLSESEANGLELGADISALRRADAGE
 LTKIAQSRIPMSRQFTKPRPMGPILDGYVLRTLDVDAFAKGAFRKIPVLVGGNADEGRAF
 TDRLPVKTVLEYRAYLTEQFGDEADAWERCYPANSADADVPAAVARLFGDSQFNNGIELLS
 AAFAKWRTPWLRYRTFTGIPGAGRRPATHGDEIPYVFANLGPSSVSMFGSLEGGAGASDIK
 LATEMSAAWVSFAVHGVDPDQGTKSHWPRFERRGEIMTFGSQVGSGEGLGVSPSKACQPSK

>SEQ ID NO:11 (FumE)

LEFRRAKPANPQNSARPVVRASARRPALRATGCALCLEGSKLRYDVAIIGGGNAALTAAVT
 AREAGASVLVIEHAPRAMRGNSRHTRNMHERPLSPLTGEYSADEYWNLDLVRVTGGR
 TDEELARLVIRNTTDAIPFMTRCGVRFQPSLSGLTSLSRTNAFFLGGGKALVNAYYATAE
 RLGVLDILYDSEVTEINLQQGVVQRLQLRSRGFPVEVEAKAAIASSGGFQANLDWLSSAWG
 PAAANFIVRGTPYATGTVLKNLLEQGVASVGDPTQCHAVAIDGRAPKYDGGIVTRLDCVP
 FSIVVNKDALRFYDEGEDVWPKRYAIWGRVLVAQQPDQIAFSIIDRQAEDLFMPSPVFPVQ
 ADTIAGLAEKLGPNVTLERTVAEFNAACVPGEFGGQDLDDLHTEGIEPKSNWARPIIV
 PPFSAYPLRPGITFTYLVGVKDSRARVIMETGEPTKNLFASGEIMAGSILGQGYLAGFGM
 AIGTVFGRIAGWEAARHAGF

>SEQ ID NO:13 (FumF)

MQDFDLVKMLSDDLPSAPELEARRVMEVCNACRYCEGFCVFPAMTLQRHFASGDLSHLAN
 LCHSCQGCYYACQYAPPHEFGINVPKALSELRLSEYEQHAWPRPVAALYRKNALIISILS
 AACITGVLLAAAFNGDALFAKHASVPGGGFYNVIPYQAMIAVAATTFLYSALALAIISLV
 RFSRTIGLGIKVLYQHVPVLRALRDAATLRYLGGSDGEGCNDADETFSTTRKFFHHALAY
 GFGLCFAATATPTIYDHMGWNPAPYALFSLPVVLGTVGGIGMVVGAIGLLWLKLAGEDAP
 RSPALLGPDVALLVLLLAIAATGLLLLAVRSTEVMGVALAVHLGVVLAFFLVMPYSKFVH
 GIFRLTALVRHHADREASNGFASSPPTKKG

>SEQ ID NO:15 (FumG)

MEHMKSVDRDRSSVMQIVRVASGNCLEQYDFFVYGFYAAYIARSFFPTGDNATSLMLSAT
 FGAGFLMRPLGAIFLGSYIDRVGRRKGLIVTLAIMAVGTLTIAMTPSYEAGLLAPVIVL
 VGRLLQGSAGAESGGVSVYLAELIASPKSRGFFTSWQSASQQVAVMIAAAIGLALQSTLS
 PEQMNDGWWRVPLLIGCLIIIPVILWLRRLPETKAYLHMEHKAHSIGESLRELQQSWG LI
 LTGMAMSILTTTTFYMITAYTPTFGEKALGLSPQDVLLVTIMVGVSNFLWLPIGGALSDR
 IGRTPILLVVPVTVLATAAFPLMSWLVAAPTFGALAAVLLTFSACFGLYNGALIARLTEIM
 PPAIRTLGFSLAFSLATSLFGGFTPLVSTALIHATGSNSAPAIWLCFAAFISFVGVAAST
 RLSRPIAEGAR

>SEQ ID NO:17 (FumH)

MRVVYRNGELVLGAYADPIPAAGQVLVKTRACGICGSDLHFCDHAQFTNLASRAGIAS
 MEVDLCRDIIVLGHEFCGEIMEFGPSADRRFKPGQLVCSLPLAIGPTGARTIGYSDEYPGG
 LGEYMVLTAEALLPVPNGLPATCAALTEPMAVGWHAIVEIAQVQPHHIPVVIGCGPVGLAV
 VAALKHKQVAPIIASDPSDDRRLALRMGADAVDPRESPPRQAEKIDARPVGQGGALSS
 SLLSKSQMIFECVGVPMGLRHAMDGASDGSEIMVVGACMQPDAIEPMIGMFKALTIKFSR
 TYTGEEFAAVLHMIGEGALDVSPVLTVDVIGLSDVPSAFEALRSPGAQAKVIVDPWR

>SEQ ID NO:19 (FumI)

MANGTRQKDLRERAERVIPGGMYGHESTRLLPPEFPQFFRRALGARIWDADEQPYIDYMC
 AYGNLLGYRQSEIEAAADAQRLLGDTMTGPSEIMVNLAEAFVGMVRHADWAMFCNGSD
 ATSTAMVLARAHTGRKTILCAKGAYHGASPWNTPHTAGILASDRVHVAYTYNDQSLSD
 AFKAHDGDIAAVFATPFRHEVFEDQALAQLEFARTARKCCDETGALLVDDVRAGFRVAR
 DCSWTHLGIEPDLSCWGKCFANGYPIISALLGSNKARDAARDIFVTGSFWFSAVPMAAAIE
 TLRIIRETPYLETLIASGAALRAGLEAQSQRHGLELQKTGPAQMPQIFFADDDPFRIGYA
 WAAACLKGGVYVHPYHNMFLSAAHTVDDVTETLEATDRAFSAVLRDFASLQPHPILMQLA
 GA

>SEQ ID NO:21 (FumJ)

MYRKFRIEKPGKANSLLGAVALGTLAFPVSASAQSDPASIGQPDEADTRGTSEIVVTG
 SRLQNGFNSPTPVTAVSSEQLKEASPTNLADALNQLPVFNDLSKTSNPGTTPGTGNSGQN
 LLNMRGLGNNRLVLLNGNRVATNFTGSDVINVLQALVKRVDDVTVGGASAYGSDAVS
 GVINFVLDLEDLEGIRAELOQSGVSTRGDLPSYGGSIAGFTSFADDRHLHLGSFEYFRQDGI
 RABEATGRRWFDIAAGQYPVPGATTGVTVPDIRSSRGSYGGLVTSGLPKGIAFLPGGVL
 GTFDYGNFTSSSFQSGGDGPRVNI GFAPDQLRYNAFLRAAYDVSDTVQVYAEPTYAYSHT
 NLGAFVISHVGGSNFRIFRDN AFLPAPLATLMDRNAQASIVVGRFSSDFPLVEIENFAK
 VYRGAAGFRADIGNWKLDGSASFGLTDLELRENNLTINRNLYAAVDAVRDPAGNIVCRS
 TLAGLDQDCVPINLFGTGPSASAIIDYVTADGVAQLRLEQYVAGLTISGDLGDSLSFGAG
 PVSVAAGIEYRKEKARQETDAISQATTSTITGIRGAPAAQAGRPGGFNLYNPLPFGSGSYDI

KEGFVEIGVPILKDSALGRSLNLNGAVRYADYSQSGGVTTWKLGGYEYEPIDGLRFRATRS
 RDIRGPSLVLELFDPRQATLNSIYGGQAVQTRFFTAGNADLRPEKADVLTFGAVLRPAFV
 PGFQFSVDRYVVKVGAIDFLLPQQEIDACDAGNTFFCDLITENPDGTITVTGPNLNLAV
 QKAAGIDFEAYYSRPVGGGTFSRLALATHHTSAYRIATGSAPIRSLGQPDTPKWSANFQA
 RYSTDDWALLVQQRFIAASVFNADNVEGVDTNLNHAPAVWYTDATLTFDIAAFGQKQQLF
 LSVNNLFDRDPPIATNDPSSFSSTSSAYDPVGRYFNVGVRFRI

>SEQ ID NO:23 (FumK) không hoàn thiện

MRLTGSELLARCLAVEGVRYVFGMLSPPEVDPLLALEDNGILFVVRHEAAAAAYMAEGIY
 KTTGGVAAIIVTNPGPGTANLLPGVVITARHEGVFFVAITSQHQLGVVYPTPKTFQGQDQI
 DLFRPAVKWGAPIFAWNRIVEITHMAFREMWAGRPGPVQLEIPXSVMYVVGGERGPR-KFX
 DRR....

>SEQ ID NO:25

MELSRQRDQALRERAQAVIPGGMYGHESTYLMPEGTPOFFSRGKGARLWDADGNEYVDYM
 CAYGPNLLGYGFEPVEAAAAAQARGDTLTGPSEVMVQLAEDFVAQISHADWAMFCKNGT
 DATSMAMVIARAHTGRKTIILCAKGAYHGAAPWCTPILAGTLPEDRAFFVVYDYNDASLV
 DAFEAHQDDVAAIFATPHRHEVFSDQIDPDPEYAASVRALCPKSGALLVDEVVRAGFRIA
 RDCSWAKIGVAPDLSTWGKCFANGYPISAVLGGEKVRSAKAVYVTGSFWSATPMAAAV
 ETLKQIRETDYLERINAAGTRLREGLQQAAHNGFTLRQTGPVSMPPQVLFEEEDPDFRVGY
 GWVRECLKRGVYFSPYHNMFLSAAHSEADLAKTLAATGDAFVELRAKLPSLEIHQPLLAL
 RAA-

Theo hướng phát triển được ưu tiên hơn nữa, phương pháp theo sáng chế được thực hiện theo cách rằng các fumonisin được phân hủy theo cách kỵ khí hoặc không phụ thuộc vào oxy. Bằng cách phân hủy các fumonisin theo cách không phụ thuộc oxy, có thể phát triển hơn nữa phương pháp theo sáng chế với hiệu quả là các trình tự axit nucleic của các gen hoặc các enzym sẽ thực hiện các phản ứng phân hủy an toàn và chắc chắn mà không cần bất cứ sự bổ sung oxy phân tử nào để tạo ra chất phụ gia được tạo ra theo đó có thể sử dụng trong môi trường kỵ khí hoặc không phụ thuộc vào oxy ở đó các mycotoxin sẽ có thể được phân hủy, ví dụ, như trong các thực phẩm cho con người và động vật, trong việc sản xuất etanol sinh học, cũng như sản xuất các cây nông nghiệp biến đổi gen.

Theo hướng phát triển khác, phương pháp theo sáng chế được thực hiện theo cách là, trước khi sử dụng các enzym trong nguyên liệu thực vật ban đầu, các enzym được biến đổi bằng các phương pháp gen phân tử, đột biến hoặc tiến hóa phân tử. Bằng cách thực hiện phương pháp theo cách các enzym, trước khi sử dụng chúng trong nguyên liệu thực vật ban đầu, các enzym được biến đổi bằng các phương pháp gen phân tử, đột biến hoặc tiến hóa phân tử, có khả năng sản xuất các enzym trong dạng ổn định hơn thích hợp với mục đích sử dụng tiếp theo để nâng cao hơn hoặc hoàn thiện sự phân hủy không phụ thuộc vào oxy của các fumonisin.

Theo hướng phát triển được ưu tiên hơn nữa, phương pháp được thực hiện theo cách là các enzym được phân lập. Bằng cách thực hiện phương pháp theo cách này, các fumonisin, cụ thể, sẽ được phân hủy hoàn toàn theo kiểu không phụ thuộc vào oxy.

Theo hướng phát triển được ưu tiên hơn nữa của sáng chế, phương pháp được thực hiện theo cách rằng các enzym được bao nang trong lớp phủ bảo vệ. Bằng cách bao các enzym trong lớp phủ bảo vệ, có thể vận chuyển các enzym tới nơi sử dụng, ví dụ, cụ thể là vào ống tiêu hóa mà không bị biến đổi, và cụ thể, không bị phân hủy hoặc bị phá hủy, để các enzym sẽ không bắt đầu hoạt động trước khi tan lớp phủ bảo vệ, ví dụ trong các ống dạ dày-ruột của người hoặc động vật, do đó đảm bảo sự phân hủy các mycotoxin hoàn toàn và nhanh chóng, chọn lọc hơn trong môi trường không phụ thuộc vào oxy của ống dạ dày-ruột trong khi đó đồng thời ngăn các fumonisin khỏi tạo ra thêm các tác dụng độc hại trên các sinh vật sống mà chúng đi theo cùng với thực phẩm.

Theo hướng phát triển được ưu tiên hơn nữa, phương pháp theo sáng chế được thực hiện theo cách rằng các enzym được chọn từ permeaza SEQ ID NO:3, carboxylesteraza SEQ ID NO:9, tricarbalylat dehydrogenaza SEQ ID NO:11, protein sử dụng xitrat SEQ ID NO:13, rượu dehydrogenaza SEQ ID NO:17, aminotransferaza SEQ ID NO:19 và/hoặc axetolactat synthaza SEQ ID NO:23. Bằng cách thực hiện phương pháp theo cách này, các fumonisin có thể được phân hủy hoàn toàn và trôi chảy trong môi trường không phụ thuộc vào oxy. Trong trường hợp này, phiên mã các khung đọc mở trong các cụm gen FUM được phân lập từ cụm gen của trình tự axit nucleic SEQ ID NO:1, trình tự này nhận được từ chủng nhân sơ có số lưu trữ DSM 16254, được điều khiển bởi gen khởi động hai hướng được đặt giữa FumA và FumI, như trình bày từ bảng 1 bên dưới. Các cụm mã hóa các protein liên quan đến việc điều hòa sự biểu hiện gen, như, ví dụ, FumB và FumC, trong việc lấy mẫu cơ chất và vận chuyển nó, như, ví dụ FumA, FumJ, FumG, và trong sự dị hóa cơ chất, như, ví dụ, FumD, FumE, FumF, FumH, FumI, FumK. Từ các trình tự axit nucleic này mà chúng mã hóa các gen và enzym đặc biệt, những gen đó được chọn theo hướng phát triển được ưu tiên hơn nữa của phương pháp theo sáng chế, chúng chịu trách nhiệm về sự dị hóa cơ chất, do đó có thể làm cho các enzym đã được tạo ra riêng biệt dị hóa hoàn toàn cơ chất, cụ thể là các fumonisin.

Trong trường hợp này, các khung đọc mở được chọn, ví dụ, từ cụm gen của trình tự axit nucleic có SEQ ID NO:1 được biểu hiện trong các tế bào chủ nhân chuẩn hoặc nhân sơ. Phiên mã các khung đọc mở đã chứa trong cụm gen có SEQ ID NO:1, chủng vi khuẩn với số lưu trữ 16254, diễn ra theo cách được điều khiển bởi gen khởi động hai hướng được đặt giữa FumA và FumI, như thể hiện rõ từ Fig.1 đính kèm. Các gen mã hóa các protein mà chúng liên quan đến việc điều hòa sự biểu hiện gen, giống như, ví dụ FumB và FumC, trong việc nhận ra cơ chất và sự vận chuyển của nó, giống như ví dụ FumA, FumJ, FumG, và trong sự dị hóa cơ chất, giống như ví dụ FumD, FumE, FumF, FumH, FumI và FumK.

Trong bảng 1 bên dưới, các tên của các gen của cụm gen dị hóa fumonisin được liệt kê, trong đó O thể hiện sự định hướng, cụ thể là hướng tiến f và hướng lùi r

Bảng 1

Gen	SEQ ID NO:	O	Bắt đầu	Dừng	Chiều dài	Tên
<i>fumA</i>	2	f	5214	6395	1182	permeaza
<i>fumB</i>	4	f	6418	7068	651	Tác nhân điều hòa phiên mã loại-tetR
<i>fumC</i>	6	f	7232	8176	945	Tác nhân điều hòa phiên mã loại-lysR
<i>fumD</i>	8	f	8294	9916	1623	carboxylesteraza
<i>fumE</i>	10	f	9876	11378	1503	tricarbalylat dehydrogenaza
<i>fumF</i>	12	f	11494	12537	1044	Protein sử dụng xitrat B
<i>fumG</i>	14	f	12541	13836	1296	Vận chuyển đồng hướng với proton của tricarbalylat
<i>fumH</i>	16	f	13957	15027	1071	Rượu dehydrogenaza
<i>fumI</i>	18	r	5063	3795	1269	aminotransferaza
<i>fumJ</i>	20	r	3513	679	2835	Thụ thể phụ thuộc-TonB
<i>fumK</i>	22	r	551	?	?	axetolactat synthaza (một phần)

Bằng cách thực hiện ưu tiên phương pháp theo sáng chế theo cách sử dụng enzym, enzym này có độ tương đồng về trình tự ít nhất 90% với ít nhất một trong số các enzym có SEQ ID NO:3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23 hoặc 25, hoặc thậm chí phân hủy các fumonisin hoàn toàn hơn sẽ được đảm bảo, do đó không chỉ các fumonisin mà còn các mycotoxin tương tự về mặt cấu trúc hoặc liên quan sẽ, đồng

thời, được khử độc hoàn toàn, cụ thể trong các môi trường kỵ khí hoặc không phụ thuộc oxy, như, ví dụ AAL-độc.

Bằng cách ưu tiên thực hiện phương pháp theo cách thức, khi sử dụng aminotransferaza SEQ ID NO:19, axit α -keto được sử dụng làm đồng cơ chất, có thể, cụ thể với sự phân hủy nhóm amino của fumonisin và đồng thời sử dụng axit α -keto như, ví dụ, axit pyruvic, để thế nhóm keto cho nhóm amino trên phân tử fumonisin với alanin tạo ra như một sản phẩm phụ của phản ứng này, nó hoàn toàn không độc hại, do đó đảm bảo phân hủy hoàn toàn các fumonisin thành các cơ chất không độc hại.

Theo hướng phát triển được ưu tiên hơn nữa, phương pháp theo sáng chế cũng có thể được thực hiện theo cách rằng, khi sử dụng carboxylesteraza SEQ ID NO:9, ít nhất một chất hấp phụ được chọn, cụ thể, từ các khoáng đất sét được sử dụng thêm. Bằng cách sử dụng thêm ít nhất một chất hấp phụ được chọn, cụ thể từ các khoáng đất sét khi sử dụng carboxylesteraza SEQ ID NO:9, có thể làm cho các fumonisin hoàn toàn không độc hại thậm chí không cần bổ sung bất cứ enzym nào khác, bằng cách cắt hai mạch bên của axit tricarballic bởi carboxylesteraza từ phân tử fumonisin trong bước thứ nhất và tạo thành fumonisin bị thủy phân. Fumonisin bị thủy phân, nó cơ bản là một phân tử kiểu chuỗi, có thể sau đó được hấp phụ, ví dụ, trên các khoáng đất sét để có thể làm cho các fumonisin được làm vô hại hoàn toàn thậm chí trong quy trình phân hủy một bước bằng enzym.

Theo hướng phát triển được ưu tiên hơn nữa, phương pháp theo sáng chế được thực hiện theo cách mà chất phụ gia được tạo ra theo đó được sử dụng trong nguyên liệu thực vật ban đầu được lên men hoặc trong nước ủ rượu để sản xuất ethanol sinh học. Bằng cách sử dụng chất phụ gia được tạo ra bởi phương pháp theo sáng chế trong nguyên liệu thực vật ban đầu được lên men hoặc trong nước ủ rượu để sản xuất ethanol sinh học, có thể xuất hiện các sản phẩm phụ tự do trong sự sản xuất ethanol, cụ thể là bã tức là các phần bã dạng hạt khô và các thành phần không tan, hoặc bã rượu được làm khô (sản phẩm làm khô có thể hòa tan từ thiết bị chưng cất – DDGS) từ các fumonisin hoặc mycotoxin, cụ thể trong môi trường không phụ thuộc vào oxy.

Sáng chế còn nhằm cung cấp chất phụ gia để phân hủy các fumonisin bằng enzym, chất phụ gia có khả năng phân hủy hoặc khử độc các mycotoxin này, theo cách an toàn và chắc chắn trong môi trường không phụ thuộc oxy.

Để giải quyết các vấn đề này, chất phụ gia loại này khác biệt ở chỗ nó chứa ít nhất một enzym có các trình tự SEQ ID NO:3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23 và 25 cũng như tùy ý, ngoài ra, ít nhất một đồng cơ chất cho ít nhất một hoặc một vài enzym được sử dụng, và chất mang trợ.

Chất phụ gia này chứa ít nhất một enzym hoặc một sinh vật chủ tái tổ hợp hoàn thiện để biểu hiện enzym đã nêu cũng như tùy ý, bổ sung ít nhất một đồng cơ chất cho ít nhất một hoặc một vài enzym được sử dụng, và chất mang trợ, trội bởi phân hủy chọn lựa, và do đó khử độc các fumonisin. Sự sử dụng chất phụ gia theo sáng chế, cơ bản bao gồm các enzym đã được phân lập cũng như, tùy ý, các đồng cơ chất và chất mang của chúng, đưa ra thuận lợi là enzym sẽ giữ các hoạt tính xúc tác của chúng trong môi trường và dưới các điều kiện mà trong đó, ví dụ, các vi sinh vật hoàn thiện không hoặc khó có hoạt tính, trong khi, đồng thời, cho phép có các hoạt tính đặc hiệu cao hơn và xúc tác cho các phản ứng đã được xác định với sự tránh đi các phản ứng phụ không mong muốn.

Ngoài ra, theo tình trạng kỹ thuật thì các vấn đề đã gây ra cho các sản phẩm nông nghiệp thô bởi sự sử dụng các vi trùng sẽ được ngăn ngừa hoàn toàn, và các chất phụ gia chỉ chứa các enzym đã được phân lập sẽ, ngoài ra, cung cấp một chế phẩm tăng cường có khả năng hoạt tính được kiểm soát và chọn lọc, cụ thể, ví dụ trong vị trí đặc biệt của đường ống tiêu hóa, cũng như tránh được sự tiêu thụ cơ chất tăng lên không mong muốn. Để tăng cường thêm tính đặc hiệu này, chất phụ gia theo sáng chế được phát triển ưu tiên hơn nữa để có tác dụng rằng chất phụ gia này sử dụng được các enzym được biến đổi bởi các phương pháp gen phân tử, đột biến hoặc tiến hóa phân tử.

Theo hướng phát triển được ưu tiên hơn nữa, chất phụ gia được thiết kế sao cho có sử dụng enzym, enzym này có độ tương đồng về trình tự ít nhất 90% với enzym có SEQ ID NO:3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23 hoặc 25. Khi sử dụng enzym có độ tương đồng về trình tự ít nhất 90% với enzym có SEQ ID NO:3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23 hoặc 25, nó có khả năng phân hủy an toàn và chắc chắn theo cách không phụ thuộc vào oxy các mycotoxin bên cạnh đó là các fumonisin ưu tiên được phân hủy, do đó có thể khử độc rộng các fumonisin có mặt, ví dụ trên các sản phẩm thực vật thô.

Bằng cách tạo ra chất phụ gia theo cách trong đó các enzym, các enzym được biến đổi và/hoặc các enzym có độ tương đồng về trình tự ít nhất 90% được sử dụng được bảo vệ bởi một lớp phủ bảo vệ, như theo hướng phát triển được ưu tiên tiếp theo của sáng chế, cần đảm bảo rằng các enzym, enzym có độ tương đồng về trình tự ít nhất 90% hoặc các enzym được biến đổi sẽ được đảm bảo chống lại bất cứ sự mất mát hoạt tính sớm nào để thực hiện một cách an toàn và chắc chắn hoạt động của chúng tại vị trí đã định, ví dụ đường dạ dày-ruột.

Bằng cách phát triển ưu tiên hơn chất phụ gia theo cách các enzym được chọn từ carboxylesteraza SEQ ID NO:9, tricarballylat dehydrogenaza SEQ ID NO:11, protein sử dụng xitrat SEQ ID NO:13, rượu dehydrogenaza SEQ ID NO:17, amino-transferaza SEQ ID NO:19 và/hoặc SEQ ID NO:25, và/hoặc axetolactat synthaza SEQ ID NO:23, các enzym đã hạn chế sự dị hóa cơ chất sẽ được áp dụng cơ bản để đảm bảo, ngoài lượng các enzym sử dụng được giảm đi, không có phản ứng phụ mong muốn nào sẽ xảy ra khi sử dụng các enzym đã nêu.

Theo hướng phát triển được ưu tiên hơn nữa, chất phụ gia được tạo ra sao cho nó chứa carboxylesteraza SEQ ID NO:9, aminotransferaza SEQ ID NO:19 hoặc SEQ ID NO:25, axit α -keto là đồng cơ chất và chất mang trợ. Bởi chất phụ gia chứa carboxylesteraza, aminotransferaza, axit α -keto làm đồng cơ chất bên cạnh chất mang trợ, nó, cụ thể, có khả năng bước đầu thủy phân các fumonisin đã chứa trong các thực phẩm bằng cách cắt các gốc axit tricarballylic từ các fumonisin sử dụng carboxylesteraza, và sau đó để phản ứng lại thêm các fumonisin đã thủy phân theo đó dưới hoạt tính của aminotransferaza và axit α -keto đóng vai trò là đồng cơ chất, ưu tiên axit pyruvic trong trường hợp này, bằng cách thế nhóm keto cho nhóm amino của phân tử fumonisin đã thủy phân để tạo ra fumonisin đã thủy phân-2-keto, nó hoàn toàn không độc hại, ví dụ, cho động vật có vú và có thể được bài tiết không bị thay đổi, và alanin đóng vai trò là sản phẩm phụ, nó không đưa thêm hoặc có bất cứ tác dụng tiêu cực nào, ví dụ, lên các sinh vật.

Theo hướng phát triển được ưu tiên hơn nữa, chất phụ gia được phát triển hơn nữa sao cho nó chứa carboxylesteraza SEQ ID NO:9, ít nhất một chất hấp phụ như khoáng đất sét cũng như, tùy ý, chất mang trợ. Khi sử dụng nhưng một carboxylesteraza SEQ ID NO:9, và ít nhất một chất hấp phụ, sự khử độc các fumonisin

cũng có thể được thực hiện theo cách mà chỉ các gốc axit tricarbalic được cắt và các fumonisin đã thủy phân được tạo ra theo đó bị hấp phụ lên chất hấp phụ đã nêu. Bằng cách cắt các gốc axit tricarbalic bằng carboxylesteraza, phân tử mạch dài được tạo thành, nó có thể được hấp phụ dễ dàng và chắc chắn để đảm bảo khử độc hoàn toàn chỉ bởi sử dụng một enzym đã chọn, cụ thể, bởi sự phân hủy fumonisin không phụ thuộc vào oxy và sự hấp phụ tiếp theo.

Trong đó, phù hợp với sự phát triển của sáng chế, chất phụ gia được sử dụng trong môi trường không phụ thuộc vào oxy trong khi sản xuất etanol sinh học, cụ thể cùng với nước ủ rượu hoặc nguyên liệu thực vật ban đầu, bằng cách chọn chất phụ gia sao cho các enzym được chứa trong đó nhận được hoàn toàn từ vi khuẩn xúc tác cho sự dị hóa các fumonisin thông qua con đường phân hủy đặc hiệu cao, hoạt tính và hiệu quả cao để có thể làm cho chất phụ gia cũng được sử dụng kỹ thuật trong môi trường không phụ thuộc vào oxy.

Cuối cùng, sáng chế đề cập đến việc sử dụng các gen như được mô tả trong các trình tự, hoặc các sinh vật chủ tái tổ hợp hoàn thiện để biểu hiện các trình tự gen có SEQ ID NO:1, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22 và 24 cũng như, tùy ý, các đồng cơ chất để sản xuất chất phụ gia cho sự phân hủy các fumonisin, trong xử lý hoặc sử dụng các nguyên liệu thực vật thô. Chất phụ gia được tạo ra theo cách này cho phép phân hủy hoàn toàn và chắc chắn các fumonisin, đặc biệt trong môi trường không phụ thuộc oxy.

Theo cách được ưu tiên hơn nữa, đồng cơ chất được chọn từ nhóm bao gồm carboxylesteraza SEQ ID NO:9, aminotransferaza SEQ ID NO:19 hoặc SEQ ID NO:25, axit α -keto, và chất mang trợ được sử dụng theo sáng chế, sự sử dụng chúng cho phép phân hủy an toàn và chắc chắn toàn bộ các fumonisin thành các thành phần vô hại, trong ví dụ, các nguyên liệu thực vật thô hoặc các nguyên liệu ban đầu.

Sự sử dụng được ưu tiên hơn nữa được đặc trưng ở chỗ carboxylesteraza, ít nhất một chất hấp phụ, cụ thể khoáng đất sét, cũng như, tùy ý, chất mang trợ được sử dụng. Khi sử dụng carboxylesteraza và ít nhất một chất hấp phụ, có thể khử độc an toàn và chắc chắn các fumonisin bởi chỉ sử dụng một enzym trong đó các gốc phụ axit tricarbalic được cắt khỏi các fumonisin bởi, hoặc bằng enzym đã nêu và fumonisin

đã thủy phân mạch dài được tạo ra theo đó sau đó được hấp phụ lên chất hấp phụ để làm cho không có độc tính theo cách an toàn và chắc chắn.

Theo sự sử dụng được ưu tiên, chất phụ gia theo sáng chế được sử dụng để xử lý các nguyên liệu thực vật ban đầu trong điều kiện kỵ khí hoặc không phụ thuộc vào oxy hoặc nước ủ rượu trong sự sản xuất etanol sinh học. Trong trường hợp này, có thể làm cho các mycotoxin đã chứa trong nguyên liệu thực vật ban đầu hoặc nguyên liệu thô vô hại theo cách an toàn và chắc chắn trong khi sản xuất etanol sinh học trong môi trường không phụ thuộc vào oxy để sau đó cho phép sử dụng bã rượu từ sự sản xuất etanol, cụ thể là bã hoặc bã rượu đã được làm khô, hoặc trực tiếp hoặc sau khi làm khô và ép viên mà không cần xử lý thêm, và, cụ thể, khử độc thức ăn cho súc vật không có các fumonisin.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Fig.1 mô tả cụm gen dị hóa fumonisin là một trình tự không hoàn chỉnh bao gồm 15420 cặp bazơ của chủng vi khuẩn có số lưu trữ DSM 16254. Trong cụm gen *fum* của chủng nhân sơ DSM 16254, sự phiên mã khung đọc mở được điều khiển bởi gen khởi động hai hướng được đặt giữa *fumA* và *fumI*. Cụm gen mã hóa protein liên quan đến việc điều hòa sự biểu hiện gen, như, ví dụ FumB và FumC, trong việc nhận biết cơ chất và vận chuyển nó, như, ví dụ FumA, FumJ, FumG, và trong sự dị hóa cơ chất, như, ví dụ FumD, FumE, FumF, FumH, FumI và FumK.

Ví dụ 1: Động học enzyme của fumonisin carboxylesteraza

Gen *fumD* (SEQ ID NO:8), mã hóa fumonisin carboxylesteraza, được tách dòng và được biểu hiện trong *Pichia pastoris* sử dụng các phương thức chuẩn. Enzym đuôi his-tag được thu hồi và được tinh chế từ dịch cấy nổi trên bề mặt bởi sắc ký ái lực. Nồng độ enzyme được xác định và các thông số động học enzyme được xác định với bảy nồng độ cơ chất khác nhau trong khoảng từ 50µg tới 25mg FB₁ trên mỗi lit và nồng độ enzyme là 0,33ng/ml. Các phản ứng được tạo đệm trong đệm Tris-Cl 20mM (độ pH=8,0) với 0,1mg/ml albumin huyết thanh bò và được ủ ở nhiệt độ 30°C. Các mẫu được lấy tại các thời gian 0, 30, 60, 120 và 240 phút sau khi ủ và được phân tích bằng HPLC-MS/MS. Fumonisin B₁ (FB₁) và fumonisin B₁ đã thủy phân được định lượng,

dựa trên sự định cỡ bằng cơ chất tham chiếu đã được tinh sạch và chất nội chuẩn FB₁ được đánh dấu hoàn toàn bằng ¹³C.

Fig. 2 minh họa đường cong Michaelis-Menten đối với sự thủy phân fumonisin B₁ (FB₁) bằng fumonisin carboxylesteraza FumD, nó được xác định ở nồng độ enzym 0,33ng/ml trong đệm Tris-Cl (độ pH=8,0), với tốc độ enzym ban đầu được vẽ đồ thị đối với các nồng độ cơ chất. Đường cong Michaelis-Menten giảm ở các nồng độ cơ chất cao hơn, vì tốc độ enzym được tính toán dựa trên sản phẩm, cụ thể sự tạo thành FB₁ đã thủy phân. Vì FB₁ đã thủy phân được tạo thành từ FB₁ trong phản ứng hai bước thông qua FB₁ đã thủy phân không hoàn toàn với một mạch bên axit tricarballic mà nó được giữ và mạch bên được cắt, sự tạo thành sản phẩm cuối bị cản trở ở các nồng độ cơ chất cao. Hằng số Michaelis-Menten K_M được tính toán là 0,90μmol/l, tương đương với 650ppb, và tốc độ chuyển hóa là 900 mỗi giây.

Từ Fig.2 thể hiện các fumonisin có thể được thủy phân nhanh và hoàn toàn bằng carboxylesteraza trong các khoảng nồng độ thích đáng.

Ví dụ 2: Hoạt tính xúc tác của HFB₁ (fumonisin B₁ đã thủy phân) aminotransferaza

Các trình tự SEQ ID NO:18 và 24 được tách dòng nhờ sử dụng các phương thức chuẩn và được biểu hiện trong *E. coli* dưới điều kiện điều khiển gen khởi động T7 thể thực khuẩn. Các tế bào được thu thập, được tạo lại huyền phù trong đệm natri phosphat 50mM và được phân hủy dưới tác dụng siêu âm. Fumonisin đã thủy phân được bổ sung vào, và các mẫu được ủ ở nhiệt độ 25°C. Các mẫu được lấy giữa các khoảng thời gian và được phân tích bằng HPLC-MS/MS. Quan sát thấy không có sự giảm nồng độ FB₁ đã thủy phân. Khi đồng cơ chất như, ví dụ, axit α-keto như, ví dụ, axit pyruvic, hoặc oxalacetat được bổ sung vào phản ứng, có thể quan sát thấy sự phân hủy hoàn toàn fumonisin đã thủy phân thành 2-keto-HFB₁ như được minh họa trong Fig.3. Cơ chất này hoàn toàn vô hại đối với các động vật.

Ví dụ 3: Hoạt tính enzym trong môi trường ruột

Để kiểm tra hoạt tính enzym của FUM-carboxylesteraza trong đường ống tiêu hóa, các ruột lợn mới mổ được sử dụng và được đưa vào phòng thí nghiệm dưới điều kiện loại trừ oxy và được kiểm tra trên bàn thí nghiệm vô trùng và kỵ khí. Các đoạn tá tràng và hỗng tràng dài khoảng 10cm được kẹp chặt và được cắt ra. Fumonisin B₁,

được pha loãng tới nồng độ cuối khoảng 10ppm trong dung dịch có nước được cô đặc, được tiêm bằng các kim tiêm và được trộn với các phần trong ruột. Sau đó, 5µg fumonisin carboxylesteraza trong dung dịch nước, hoặc cùng thể tích nước trong các đối chứng âm, lần lượt, được tiêm và được đưa vào. Các đoạn ruột được ủ ở nhiệt độ 39°C. Các mẫu được hút ra bằng các kim tiêm và được phân tích bằng HPLC-MS/MS. Được thấy rằng, tại thời gian lấy mẫu thứ nhất sau khoảng thời gian hai giờ, fumonisin B1 đã được thủy phân hoàn toàn trong tá tràng và hồi tràng.

Ví dụ 4: Xác định khoảng nhiệt độ có hoạt tính của fumonisin carboxylesteraza

Để xác định khoảng nhiệt độ trong đó fumonisin carboxylesteraza có hoạt tính, 1,6ng/ml FUM-carboxylesteraza trong đệm Tris-Cl 20mM, độ pH=7,0, được ủ với 0,1mg/ml BSA và 10ppm fumonisin B1 ở các nhiệt độ khác nhau. Được thấy rằng nhiệt độ tối ưu cho enzym là 30°C. Hoạt tính enzym vẫn được xác định rõ ràng ở nhiệt độ 40°C và thậm chí ở nhiệt độ 50°C. FUM-carboxylesteraza, do đó, thích hợp cho áp dụng dưới các điều kiện nhiệt độ thường thấy trong đường ống tiêu hóa, hoặc trong tiến trình các bước quy trình sản xuất thực phẩm và các thức ăn cho súc vật, diễn ra ở các nhiệt độ cao.

Ví dụ 5: xác định khoảng độ pH có hoạt tính của fumonisin carboxylesteraza

Để xác định khoảng độ pH mà trong đó fumonisin carboxylesteraza có hoạt tính, đệm Teorell-Stenhagen được sử dụng. Đệm này có thể được điều chỉnh trên một khoảng 10 đơn vị độ pH với cùng lượng đệm bởi sự kết hợp của xitrat, phosphat và borat. FUM-carboxylesteraza được ủ trong đệm này với 10ppm fumonisin B1 ở các giá trị độ pH khác nhau và ở nhiệt độ 25°C, ở nồng độ 3,3ng/ml. Hoạt tính cao nhất được thể hiện ở độ pH=8,0, hoạt tính lúc này có thể được xác định trong toàn bộ khoảng độ pH từ 5 tới 10. Hoạt tính này trong khoảng độ pH rộng này có khả năng ứng dụng công nghệ enzym làm chất phụ gia thức ăn hoặc trong quá trình xử lý thực phẩm và thức ăn cho súc vật.

Ví dụ 6: Thử nghiệm nuôi lớn các con lợn con

Thử nghiệm được thực hiện trong chuồng thử nghiệm với 12 chuồng cho 10 con vật trong mỗi chuồng. Chuồng được trang bị các sàn có giát các thanh gỗ mỏng, máng ăn và hệ thống nạp thức ăn được điều khiển bằng máy tính. Các thức ăn tự động

được sắp xếp dọc theo các thành chuồng. Mỗi ngày, không khí trong chuồng được tự động ghi lại, và nhiệt độ được thiết lập theo những khuyến cáo tiêu chuẩn để chăn nuôi lợn.

Đối với thử nghiệm này, 120 con lợn đã cai sữa cả đực lẫn cái (tuổi: khoảng 4 tuần tuổi, trọng lượng được thiết lập trung bình là 8,21kg) được sử dụng. Mỗi lợn con được đánh dấu ở tai và được cân riêng biệt. 120 lợn con được phân bố ngẫu nhiên trong 12 chuồng. Tất cả các lợn con xuất xứ từ chương trình nhân giống Austrian ÖHYB (= (giống lợn trắng to của Anh (large white) x giống lợn ở miền Bắc châu Âu (landrace)) x giống lợn Pietrain).

Ngay sau khi cai sữa, các lợn con được cho ăn bằng thức ăn khởi đầu trong hai ngày, sau đó bố trí trong khoảng thời gian này thực hiện thay đổi thức ăn thử nghiệm. Cho ăn được thực hiện trong hai giai đoạn: Giai đoạn cai sữa từ 1 tới 14 ngày, giai đoạn chăn nuôi từ 15 tới 42 ngày. Thức ăn thử nghiệm được trộn riêng mỗi chuồng thông qua sự lắp đặt hệ thống cho ăn nhiều giai đoạn và được phân phối dưới dạng khô hai lần một ngày là hàm số của số lượng lợn, sự tăng cân và sự tiêu thụ thức ăn. Nước cho uống thoải mái. 12 chuồng được chia thành bốn nhóm ứng dụng khác nhau, mỗi nhóm được lặp lại ba lần và đã nhận các chất phụ gia dưới đây trong thức ăn đã mô tả ở trên:

Nhóm	
Đối chứng âm	Không độc, không bổ sung enzym
Đối chứng dương	fumonisin B1 với lượng từ 4 đến 5,5ppm
Nhóm thử nghiệm 1	fumonisin B1 với lượng từ 4 đến 5,5ppm + hỗn hợp enzym 1 (carboxylesteraza, aminotransferaza, pyruvat) 0,5kg/t thức ăn
Nhóm thử nghiệm 2	fumonisin B1 với lượng từ 4 đến 5,5ppm + hỗn hợp enzym 1 (carboxylesteraza, aminotransferaza, pyruvat, chất mang trợ) 1kg/t thức ăn

Các vấn đề hô hấp được quan sát trong đối chứng dương với gần như một nửa số động vật, thậm chí đã xuất hiện một con chết. Tất cả các nhóm khác được thấy là khỏe mạnh.

Dữ liệu thực hiện

Nhóm	Số lượng con vật	Trọng lượng ban đầu (mức trung bình, kg)	Trọng lượng cuối (mức trung bình, kg)	Số con chết
Đối chứng âm	30	8,34	26,82	
Đối chứng dương	30	8,17	24,77	1
Nhóm thử nghiệm 1	30	8,08	26,69	
Nhóm thử nghiệm 2	30	8,25	27,03	

Ví dụ 7: Phân hủy các fumonisin bằng enzym trong nước ủ rượu etanol sinh học

Các mẫu bột ngũ cốc để sản xuất etanol sinh học được lấy và được ủ ở nhiệt độ trong khoảng từ 30 tới 65°C dưới điều kiện khuấy, sự phân hủy fumonisin B1 được nghiên cứu sau khi bổ sung 770 đơn vị carboxylesteraza SEQ ID NO:9 trên mỗi mét khối nước ủ rượu dưới điều kiện khuấy (thời gian khuấy tính bằng phút). Các mẫu bị mất hoạt tính bởi đun sôi lên sau đó được lấy ra rồi được ly tâm để phân tích, và phần chất nổi bề mặt được làm bay hơi. Phần còn lại được hấp thụ trong 200µl đệm mẫu chứa chuẩn fumonisin được đánh dấu bên trong bằng C¹³, được lắc trong khoảng thời gian 1,5 phút, ngừng ly tâm, và sau đó được đưa vào phân tích LC-MS. Từ kết quả này, như được minh họa trong Fig.4, fumonisin FB1 được biến đổi hoàn toàn thành fumonisin HFB1 đã thủy phân. Sau khi thêm aminotransferaza SEQ ID NO:19, fumonisin HFB1 đã thủy phân được phân hủy hoàn toàn thành các thành phần vô hại như được minh họa trong Fig.5.

Ví dụ 8: Sự phân hủy các fumonisin và các dẫn xuất của chúng trong bột bánh ngô và bột ngô

Hoạt tính của các enzym phân hủy fumonisin được kiểm tra trong các mẫu bột ngô (bột ngô mịn) để sản xuất bánh ngô và cốm ngô. Ngô đã nhiễm Fumonisin (khoảng 1ppm) được nghiền thành bột ngô, được trộn với nước và được đun lên. Để sản xuất bánh ngô, bột ngô được làm nguội xuống nhiệt độ khoảng từ 50 tới 60°C được thêm hỗn hợp proteinaza trong dung dịch kiềm. Sau khoảng thời gian từ 30 tới 180 phút, khi độ pH đã giảm xuống dưới 9, ưu tiên dưới 8, hỗn hợp carboxylesteraza và aminotransferaza (mỗi loại với lượng từ 500 tới 1000U/m³) được bổ sung và được ủ thêm trong khoảng thời gian từ 30 tới 60 phút. Liên quan đến việc sản xuất cốm ngô,

bột ngô bao gồm ngô đã nghiền và lúa mạch được đun lên trong bình áp suất trong khoảng thời gian một giờ; sau khi làm nguội đến dưới nhiệt độ 60°C (ưu tiên 50°C), hỗn hợp enzym bao gồm carboxylesteraza và aminotransferaza (mỗi loại với lượng từ 500 tới 1000U/m³) được bổ sung và được ủ thêm trong khoảng thời gian từ 30 tới 60 phút. Các mẫu sau đó được lấy ra khỏi hỗn hợp và được kiểm tra các bã FB1 và HFB1 như trong ví dụ 7. Các mức HFB1 là dưới 80ppb trong tất cả các mẫu, HFB1 được tạo ra từ FB1 dường như đã được phản ứng thêm liên tục. Các giá trị đã đo cho FB1 được chỉ ra trong bảng dưới đây.

Bảng: Sự phân hủy FB1 và HFB1 bằng enzym trong bột ngũ cốc; nồng độ fumonisin tính bằng ppb (µg/kg)

Xử lý bằng hỗn hợp enzym (phút)	Bột bánh ngô (40°C, 500 đơn vị)	Bột bánh ngô (50°C, 1000 đơn vị)	Bột cốm ngô (35°C, đơn vị)	Bột cốm ngô (40°C, 1000 đơn vị)
0	852	866	912	1053
10	116	134	51	97
30	32	71	17	37

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp sản xuất chất phụ gia để phân hủy các fumonisin bằng enzym, khác biệt ở chỗ, trình tự axit nucleic của gen tương ứng với SEQ ID NO:8, và tùy ý trình tự axit nucleic của gen tương ứng với SEQ ID NO:18 và/hoặc SEQ ID NO:24 được tạo ra, trình tự axit nucleic này được biểu hiện trong các tế bào chủ nhân chuẩn hoặc nhân sơ và enzym được tạo ra theo đó tương ứng với SEQ ID NO:9, và tùy ý enzym tương ứng với SEQ ID NO:19 và/hoặc SEQ ID NO:25, tùy ý cùng với đồng cơ chất, được sử dụng trong nguyên liệu thực vật thô.
2. Phương pháp theo điểm 1, khác biệt ở chỗ, các fumonisin được phân hủy theo cách không phụ thuộc vào oxy.
3. Phương pháp theo điểm 1 hoặc 2, khác biệt ở chỗ, các enzym được phân lập.
4. Phương pháp theo điểm 1 hoặc 2, khác biệt ở chỗ, các enzym được bao nang trong lớp phủ bảo vệ.
5. Phương pháp theo điểm 1 hoặc 2, khác biệt ở chỗ, các enzym là carboxylesteraza SEQ ID NO:9 và aminotransferaza SEQ ID NO:19 và/hoặc SEQ ID NO:25.
6. Phương pháp theo điểm 1 hoặc 2, khác biệt ở chỗ, khi sử dụng ít nhất một aminotransferaza SEQ ID NO:19 hoặc SEQ ID NO:25, axit α -keto được sử dụng làm đồng cơ chất.
7. Phương pháp theo điểm 1 hoặc 2, khác biệt ở chỗ, ít nhất một chất hấp phụ được chọn từ các khoáng đất sét được sử dụng thêm.
8. Phương pháp theo điểm 1 hoặc 2, khác biệt ở chỗ, chất phụ gia được sử dụng trong nguyên liệu thực vật thô được lên men hoặc trong nước ủ rượu để sản xuất etanol sinh học.
9. Chất phụ gia để phân hủy các fumonisin bằng enzym trong các nguyên liệu thực vật thô và hỗn hợp chứa các nguyên liệu thực vật thô, khác biệt ở chỗ, chất phụ gia này chứa enzym có SEQ ID NO:9, và tùy ý enzym có SEQ ID NO:19 và/hoặc SEQ ID NO:25, cũng như tùy ý bổ sung ít nhất một đồng cơ chất cho ít nhất một enzym được sử dụng, và chất mang trợ.

10. Chất phụ gia theo điểm 9, khác biệt ở chỗ, các enzym được sử dụng được bao bằng lớp phủ bảo vệ.
11. Chất phụ gia theo điểm 9 hoặc 10, khác biệt ở chỗ, các enzym là carboxylesteraza SEQ ID NO:9, aminotransferaza SEQ ID NO:19 và/hoặc SEQ ID NO:25.
12. Chất phụ gia theo điểm 9 hoặc 10, khác biệt ở chỗ, chất phụ gia này chứa carboxylesteraza SEQ ID NO:9, ít nhất một aminotransferaza SEQ ID NO:19 hoặc SEQ ID NO:25, axit α -keto làm đồng cơ chất và chất mang trợ.
13. Chất phụ gia theo điểm 9 hoặc 10, khác biệt ở chỗ, chất phụ gia này chứa carboxylesteraza SEQ ID NO:9, ít nhất một chất hấp phụ, cũng như, tùy ý, chất mang trợ.
14. Chất phụ gia theo điểm 13, khác biệt ở chỗ chất hấp phụ là khoáng đất sét.
15. Chất phụ gia theo điểm 9 hoặc 10, khác biệt ở chỗ, chất phụ gia này được sử dụng trong môi trường không phụ thuộc oxy trong khi sản xuất etanol sinh học cùng với nước ủ rượu hoặc nguyên liệu thực vật thô.

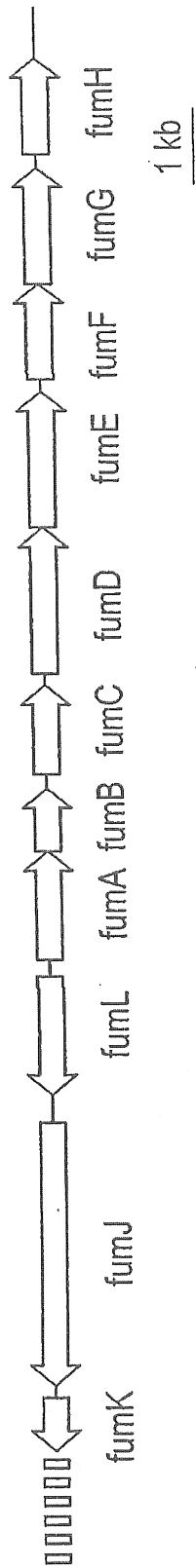


Fig. 1

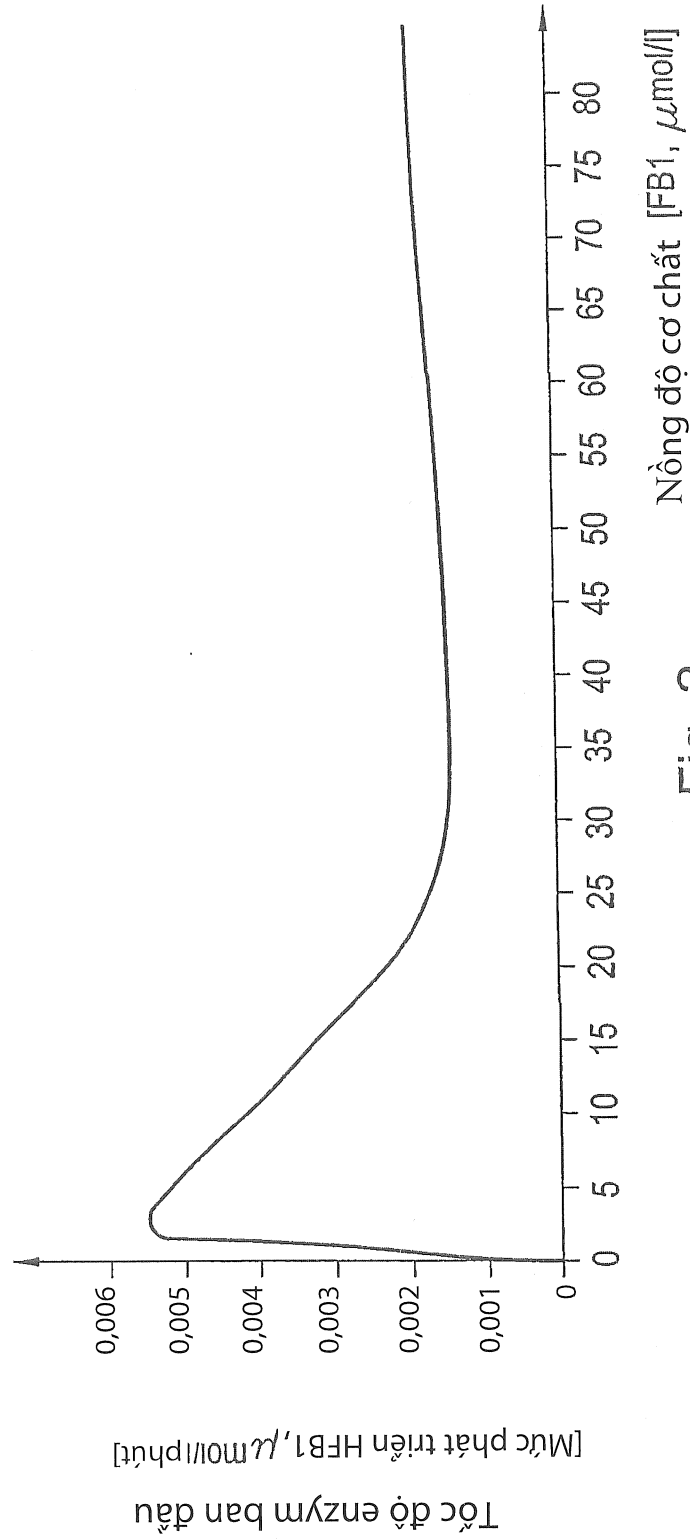


Fig. 2

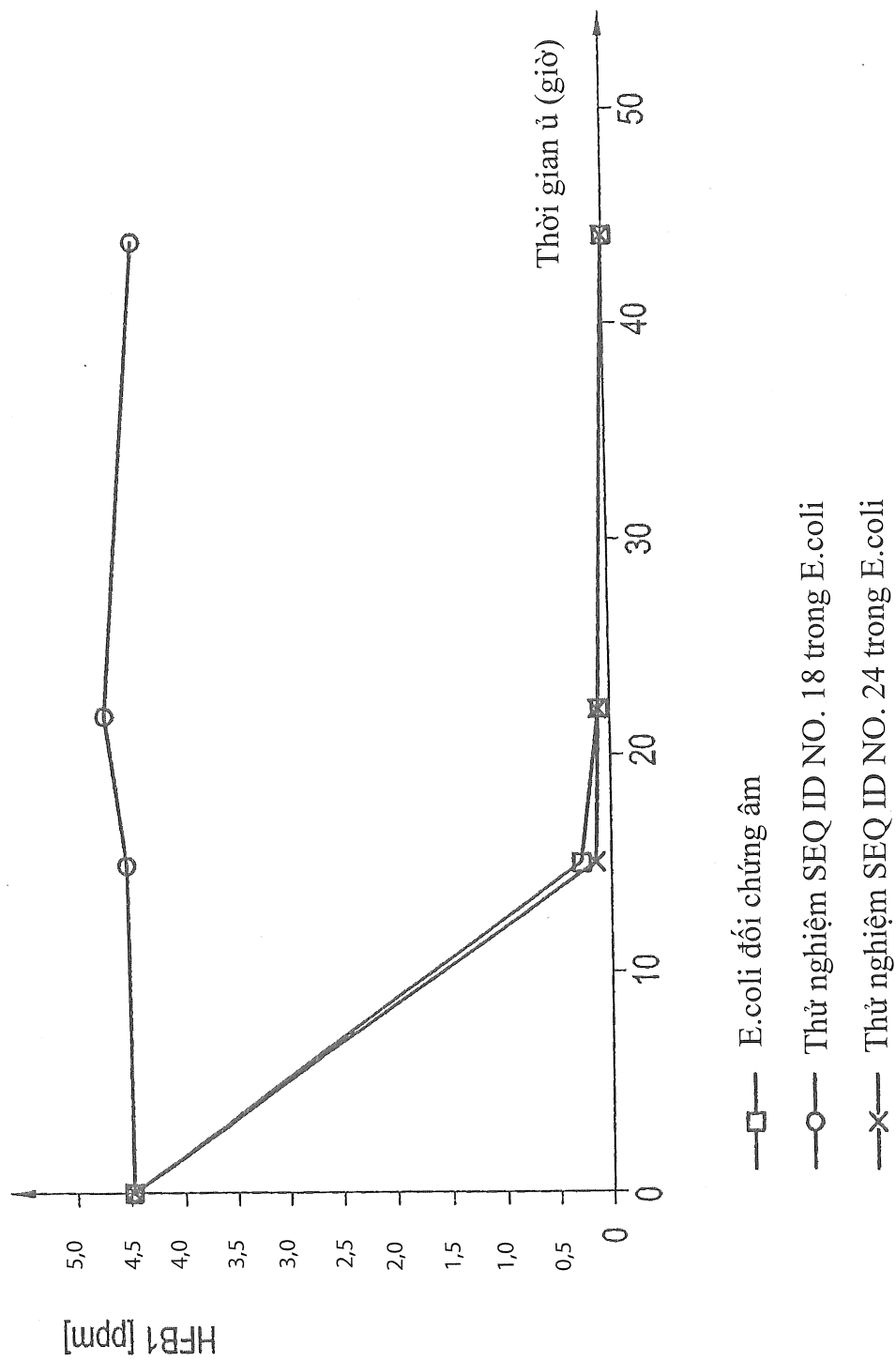


Fig. 3

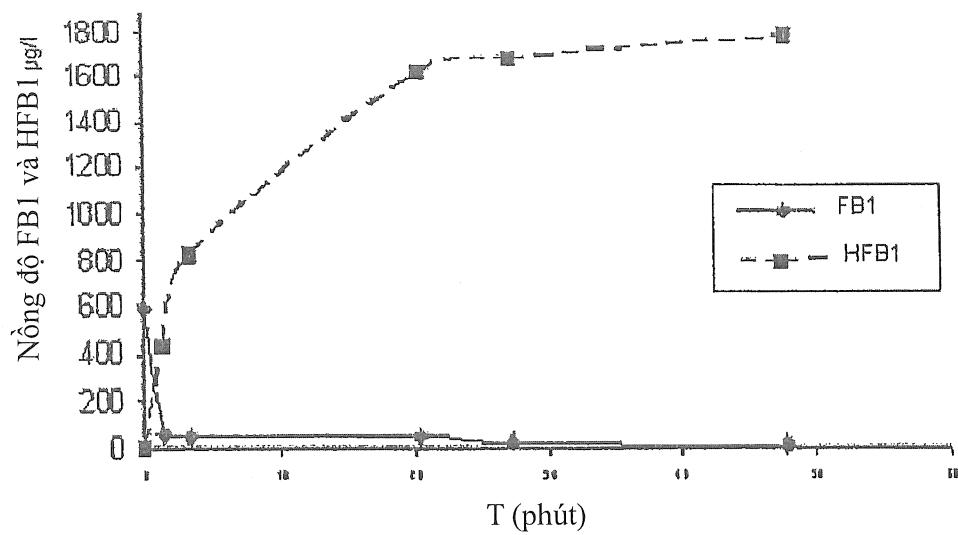


Fig. 4

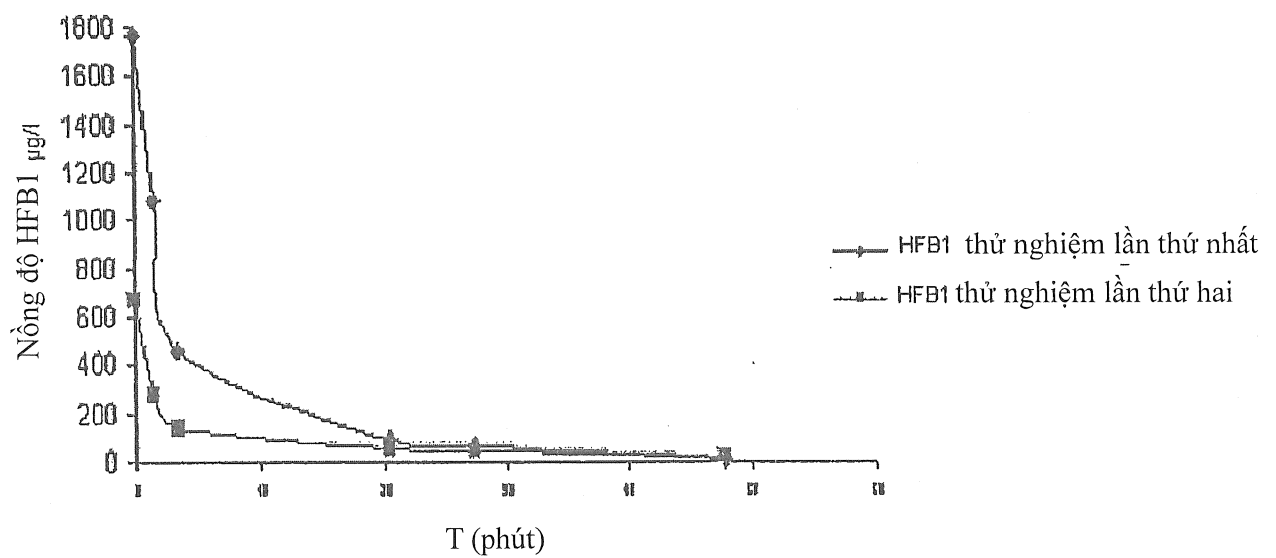


Fig. 5

DANH MỤC TRÌNH TỰ

<110> ERBER AKTIENGESELLSCHAFT
 <120> CHẤT PHỤ GIA ĐỂ PHÂN HỦY CÁC FUMONISIN BẰNG ENZYM VÀ PHƯƠNG PHÁP
 SẢN XUẤT CHẤT PHỤ GIA NÀY
 <130> P04569
 <140> PCT/AT 2009/000364
 <141> 2009-09-18
 <150> AT GM501/2008
 <151> 2008-09-18
 <160> 25
 <170> PatentIn version 3.3
 <210> 1
 <211> 15420
 <212> ADN
 <213> Sphingopyxis sp.
 <220>
 <221> Seq ID 1 (fum)
 <222> (1)..(15420)
 <400> 1
 tgtcggcgat crgtaaactt ctaccgtggt cctcgttcgc ccacakcata catcacagac
 60
 rtcgggattt ccaactgaac ggggtcccggc ctgccggccc acatttcccg gaacgccata
 120
 tgggtgattt cgacaatccg gttccaggcg aagatgggtg cgccccattt aaccgcgggt
 180
 cgaaagaggt cgatctggtc ttgtccctga aaggtttttg gcgtgcaggg ataaacgaca
 240
 ccaagttgat gctgggacgt tattgcgacg aagggaaccc ctctgtggcg tgccgtcacg
 300
 actccaggca gaaggtttgc cgtaccggga cccggattcg tgacaatcgc ggcgacctgt
 360
 ccggtggtct tgtaaatgcc ctcgggcata taggotgcgg cggcctcgtg ccgcaccggg
 420
 acgaacaata tcccattgtc ttcgagcgca gccaggagcg gatccacctc cggcgacatg
 480
 aggccgaaga cataccggac gccttcgacg gccaaacatc gtgccataaa ttctccgccc
 540
 gtgaggcgca tgacgatctc cagtacgaaa ggtgagtgcc caggttccgg cacattcgct
 600

gtggtttagtt gatgcgctga tcggccaacc gactgagtgg agttggatgg cgcacacctta
660

ccctgtcgcg cataactctc agatccggaa acggaccccg acattaaaat agcggccgac
720

cggatcatag gcagagctgg tcgggctgga aaaactgctg gggtcgttcg tcgctattgg
780

cggatctcgg tcgaacaaat tattgaccga tagaaacagc tgctgcttct ggccaaaagc
840

cgcgatgtcg aaggtcaatg tcgcgtcggg gtaccaaacc gccggagcgt ggttcaaatt
900

cgtatcgacg ccctccacat tgtcggcatt gaacaccgat gctgcgatga agcgtgctg
960

cacgagaagc gcccaatcgt cggtcgaata tcgcgcctgg aagttggccg accattttgg
1020

cgtgtccggg tgtccgagcg aacggatggg cgccgagccg gtcgcgatgc gataggcaga
1080

ggtatggtgc gttgccagcg cacgaagact gaacgtgccg ccgccgacgg ggcgtgagta
1140

ataggcctcg aagtcaattc ccgccgcttt ctggacagcc aggttgagat tgggaccctg
1200

cactgtgatg gtgccgtccg gattctccgt tatgaggctg cagaagaagg tgtttcctgc
1260

atcgcacgcg tcgatttcct gctggggaag gaggaatcg atcgcgccct tcaccttcac
1320

cacatagcga tcgaccgaaa actgaaaccc cggcacgaag gcggggcgta gcaccgcgcc
1380

gaatgtaagg acgtccgcct ttccagggcg caaatccgcg ttgccggcgg taaagaaccg
1440

cgtctgcaca gcctgtccgc cataaattga attgagcgtc gcctgacggc cggggtcgaa
1500

tagctcgaca aggcttggcc cgcgatata tcgcgaacgg gtcgcgcgga acctgaggcc
1560

gtcgatcggc tcatattctc cgcccagctt ccaggttggt actccaccgg actggctgta
1620

atcggcatat cggacggcgc cgtttaagtt cagcgaacgt ccagcgcgcg tgccttcag
1680

aatcgggacg ccgatttcga caaaaccttc ottgatgtca tagcttcccg agaagggag
1740

tgggtttag agattgaagc ctccaggccg acctgcctgc gccgccggag cccccctgat
1800

tcccgtgatc gaggtcgtcg cctgcgatat cgcgtcgggtt tcctgccggg ccttctcctt
1860

gcgatattcg ataccagcgg cgaccgagac cgggcccgcg ccgaacgaca ggctatcgcc
1920

gaggtcggcg gaaatcgtga gtcccgccac atattgctca agcctcagct gagcgacgcc
1980

atcagcgggtg acatagtcga tggccgacgc gtcgggcgag cctgtgccga agagattgag
2040

cggcacgcaa tcttggtcga ggccggccag tgttgaacgg cagacgatat tgcccgcggg
2100

atcgcggacc gcatcgacgg cggcgtagag attgcggttg atggtgagat tgttttcacg
2160

aagctcgagg tccgtaaggc caaaggaggc cgagccatcg agtttccage cattgccaat
2220

gtctgcccgg aagccggcag cgccgcggta gacctttgcg aaattctcga tttcgaccaa
2280

gggaaagtcg cttgagaagc gaccgacaac gatcgaagcc tgggcatttc tgtccatgag
2340

cgtcgcgagt ggagccggaa ggaaggcggt atcacggaag atccggaaat tattcgagcc
2400

accgacatgc gatattacga atgcacccag gttggtgtgg gaataagcat aggtgccctc
2460

cgcatacacc tgcacagtgt cggacacatc atatgcggcg cgtaggaacg cgttgtagcg
2520

aagctgatcc ggggcgaagc cgatattcac gcgcgggtcca tcgccgcgcg tctggaacga
2580

cgagctcgta aaattcccgt agtcgaaggt ccctaggact cctccgggca aaaacgcgat
2640

gcctttcaga gggccggacg tgacaagtcc gccgtaggat ccgcgagAAC tgCGaatatc
2700

gggcacgacc gtgacgctg tcgtagcgcc gggcacggga tattggccgg cggcgatgtc
2760

gaaccagcgg cgaccggtg cttcatcggc ccggattccg tcctgtcgaa aatattcgaa
2820

gctgccgagc aagtgaacc ggtcgtcggc aaacgaagtg ccgaaggcga tcgaaccgcc
2880

gtaggacggg aggtcgccgc gggttgaaac acccgactgg agctcgcccc tgatgccttc
2940

cagatcttcg tcgagcacga agttgatgac gcccgaaacg gcatcggaac cgtaggcggc
3000

cgaggcgccg cccgtcacga catcgacgcg cttgaccaac gcctgoggca gcacgttgat
 3060
 atcgaccgag cctgtgaaat tggtcgcgac gaaacggttg ccgttcagca ggacgaggtt
 3120
 ccggtttgac ccgaggccgc gcatgttgag caggttctga ccgctgttcc ccgttccggg
 3180
 tgtcgtgcc a gggttggagg tcttcaagct gtcgttgaac acgggcagct ggttgagtgc
 3240
 gtcggcaagg ttggtcggag atgcctcctt caactgctcg ctggatacgg ctgtaaccgg
 3300
 cgtcggcgaa ttgaagccgt tctggaggcg gctgcgggtc acgacgattt cgctcgttcc
 3360
 ccggtccgtg tccgcttcgt ccggctgacc tatcgatgcy ggatcgctat cctgagcact
 3420
 ggagagaca ggaaatgcga gggtgccgag cgctactgcy ccgagcaaac tatttgcctt
 3480
 gccgggcttt tcgattctga acttccgata catctgcagt cccctccgaa ttgataggga
 3540
 ctccgtttga gtcccttctgt ttcttgaagc cgcgctcgct caccacggtc cggtcggagg
 3600
 ctaagcgtcg ggcctaagga cccgcaattt gaacatcaaa tgcaatgatc ggaggcttca
 3660
 ttgcacttcg cgcatagacc ggcgcggtag ctgaaagtgc caataatcag ggattttgct
 3720
 gaacagttgc ggcatacgt ccggcatcgg ccacgcgggt ggcggcacgc acgtggcttt
 3780
 cgcgtcgccg cccctcaagc accggcgagt tgcattaaaa tgggatgagg ctggagagac
 3840
 gcaaaatctc tgaggaccgc gctgaacgcy cgatccgctc cctcgagggt ctccgttaca
 3900
 tcgtcaactg tatgggcccgc agagagaaac atattgtgat agggatgaac atagacgccg
 3960
 cccttcaggc acgccgcggc ccacgcatac ccgatccgaa aatcgggatc gtccgcaaag
 4020
 aatatttgcg gcatctgcgc cgggcccgtc tgcttcaact caagaccatg gcgctgagac
 4080
 tgtgcctcca ggctgcccgc caggcgggcg ccgctggcga tcagcgtttc gagataaggc
 4140
 gtctctcgaa tgatcctgag ggtttcgatc gcggccgcca tcggtaccgc agagaaccag
 4200

aaggagccgg tcacaaatat atcccgcgcc gcacgcgcgc ccttggtcga gccagcagg
4260

gcggagatcg gatagccatt cgcaaagcat tttcccagc aactgagatc gggttcgata
4320

cccaaatgcg tccagctgca atcgcgcgcc acccggaac ctgcgcgcac atcgtcaacg
4380

accagaagcg caccggtctc gtcacaacat tttcgagcgg tgcgcgcgaa ctcaagctgg
4440

gcgagggcct ggtcctcaaa tacttcgtgt cggaaagggtg tggcaaagac agccgcaata
4500

tgcgccatcg gcgccttgaa cgcgtccgat aagctttggg cgtcggtata ggtataatat
4560

gcgacatgca cgcgatcgga agcgagaatc ccggcagtat gcggagtgtt ccacggggaa
4620

gcgccatgat aggcgccttt ggcgcataat atggttttgc gcccgtatg ggcacgcgcg
4680

agaaccatcg ccgttgaggt ggcatcgctg ccatttttgc agaacatcgc ccaatccgca
4740

tgacggacca tgcccacaaa ggcttcggcg aggttgacca tgatctccga aggaccggtc
4800

atggtgtcgc cgagaagtcg ctgcgcacat gccgcggctt cgatttcgga ttgccggtaa
4860

ccgagcaaat ttggcccata cgcgcacata tagtcgatat agggctgctc gtcggcgctc
4920

caaattcgtg cccccagcgc gcgcctgaag aactggggga attctggcgg cagcaaccgt
4980

gtcgactcgt ggccgtacat cccgcccgga atgaccggtt cggcgcgttc tctgagatct
5040

ttctgccttg ttccgttcgc cataatgcac ctctcgcgat aaataatggg taaaaatcca
5100

cgaaattcaa cgattcgtga tctgaaagag atatatcttg taatatactg tataattata
5160

cacaatgcgc aatcggacga cgggatagcg gggcaggag gacggggaaa tctatgcgga
5220

acgtcagcga caaggcgccg cccacgaga cgctcaccgt agtcgtcgcg gcaatgatcg
5280

ttggcacggc cgccttgatg gtgcttgaa tacagcccat ccttctcggc gcccttgtag
5340

aggagggcg tattcccgc gaggggttg gatcggcggc aacggtggaa atactggcga
5400

tcgcggcggg aacatgcac ggaccggttc ttatgaagac gggatatctg cgggcgaaat
 5460

gcgcggcact ctgcttaatg ctgcgcgcaa tcaacttcgg attgacgttg ccgggtttcg
 5520

atttgcccat cgtggcttgc cgagcggcag cgggagccct ggaaggtott tcgctcagcg
 5580

cggcgatcct gatcatgact cataatcggc ggccggaccg gctgagcgga atatttctgg
 5640

gcgcgcagac gataccgcag gtaatatctg cttatttgct cccgacggag attattccgc
 5700

gctgggggag cgcaggcggc ttcacgatcc tgggcattct cgcggcgatc gccgcgatcg
 5760

cggctctgtg cctcgtcgat cgcgttgagc tcgatccgac gaccgttaac gacgaacttg
 5820

agtggtcacc cgcggcgatc gtcatttcga tggcggcatt cgttcaattc tcgggggtcg
 5880

gtgccgatg gagctatctg gagcgactgg ctgcgcagca cggattttcg ggagaaacga
 5940

tcggtatcgc catttccggg agtttgcttt gccaggtagg cggggcttgg ctggccgctt
 6000

ggatcgttgg gcgggtcgga tatcgcttcg ccttaatcgc tgggagcctg cttcaggcgg
 6060

gcaacgtgat cgcattggcg gtggccgatc agccaagctg gtttatttcc gtttctgtg
 6120

ctttcggcct gttctggttg gcgatgcagc ctttccaaat ccgcttcgcg atcgcgatag
 6180

ataacagccg gcagcttgct gtactgctga cgcgatcgc cctcgtcggg ttgagcgcgg
 6240

ggcccttggt gctctctcgc tttgccgggg cgaccgactt gcgctggatc tttgtgggga
 6300

gttcgacctt gttgctggcc agcgcgcttc tgtatctttg cgcttctctg tttcaaccgc
 6360

gcggaaaggt gatcgctgaa acggtggacg tatgaaaaag acggatcggg gttcgcgatg
 6420

acatcgcagg tcaagcttcg tagcgcggca aagcggccgc gcagtcctaa aagcgagcga
 6480

ggtcttgctc gttacgagtc cttgcttgat gcgaccgaca ggctgttggt cgatctagac
 6540

cccgatcagg tcggtctcta tcagattgca gaggaagcgg gtgcctcacc gtcgtccgtc
 6600

tatcatttct ttccgaccaa ggaagtggct catctcgctc tgatgcgccg ctatctggag
6660

gggctccgga atctcgacgc gatggaagtc gacatcggcc agctcgaaaag ctggcaggac
6720

ctgatgaagt tggatcagat cagggcgcgga gactattata atagccaccc gcccgccctc
6780

aagcttctgt tcggcggata tggcggggtc gaggccagaa agcttgacga gcgatactcc
6840

gaggaaatcg tgagctccat gtatggcaga tacaacggca ttttccatat gccgcaaagt
6900

gagaatgagg ctctcatgtt cagcatctgc ttogcaattc tcgacgcggt atgggcccgc
6960

tcctttcgcc ggttcggtga aattacgtcg gattttcttc gggaggggca agcggttgc
7020

attgcctatt gccgacacta tctgcccag cgaacgccat cagcgtgaat ccgttcaacg
7080

atatgcagga atgtccgttg cgttgagttc ggttctgagt tcggtcgggtt aggaggcccc
7140

gcgataaacc aacgctcttc tgtcgaaggg atgtcgccctg gttcgaccag gccctgcgaa
7200

gtcagccgca atcaacgagg cagatgtcaa cgtggccagc aagttcaact gtgagttact
7260

cgatctgcga tcatttggtg cgggtgatga aacgcgaagt tttagccacg ccgcgcggct
7320

tctgaatcaa tcgcagcccg cgctcagccg gagaatccag cgccctcgaga gtctcgtggg
7380

cggtcggttg ttcgagcggga ccagtcggtc gcttgccgaa acggcgctcg gcaaagagtt
7440

gctcccggtc gccaccgag cgttggaact tgtcgatacg tcgctgtttg cgtcgcccaa
7500

tgtccgggag ttccgctgga cagacatcac gattgcctgt gtacagaccg ccgccttcca
7560

tgttctcccg cgagctgcgc gcttgtagat ggatcaaaat ccgaggggtcc gactccgcat
7620

ccttgacgtg ccggcggtcg aggctgcgga cctgggttgcg agcggcgagg cggagttcgg
7680

catcagcatt gagagcctgt tgccatcaag cctgcgggttc gatgcgctcc acgaggaccc
7740

gttcggcctg gcatgccacc gaagccatcc gctggcgctg ctcgagatcc ttgaatggac
7800

gcaattgaaa ggtgaaagcc tgatcgccgt tcaccgtgcg agccggaacc gcacgttgct
 7860
 cgatgccgaa ctgcgcgcga acaatatcgc gctggaatgg cggatatgagg tcgcgcatct
 7920
 gacgacggcg ctgggattga tcgatgcgca attgggtgtc gctgttatgc cccgcatggt
 7980
 tatgccccgc tcgggtcggg cggaggtcgt ctggcgcccc gtcgtcgcgc cggtcgtcca
 8040
 acgcacgata ggcatcggtc agcgccgcac cggctcgatg caccctgccg cacagcaatt
 8100
 gcttgcgcgg ctccgcgcgg cctgggtcgt cgccaatctg ggcgacatcg cgtctcgcga
 8160
 agatggggca tcgtgacacg cgttctatgc gctgcagca tcgatgctca cgatcattgc
 8220
 atttgctgag agacgaacgc gaagataccg ctgggtcaca ggatatcagt ccatcgaggc
 8280
 gggagagaaa tgtgtgaaag agcaccaatg ccggtggcggc cgggcgtccc ccgctgcgcc
 8340
 cgccacgtgg cttgcgcgga tcagcgtttc cgggggggcc tccgccatcg cctggacctt
 8400
 catgcttggc gcaactgcc a ttcccggtggc tgcgcaaact gacgatccga agctcgttcg
 8460
 tcatacccag tcgggcgcgc tcgagggcgt cgagggcgac gtcgagactt ttttgggaa
 8520
 acccttcgcg gctccgcggg tcggcgacct gcgatggcgg ccgccggctc cgccgagggc
 8580
 gtgggcgggc accagggacg gccgcgcgtt tgcgcccgat tgcacgaggc acgagcggct
 8640
 tagagagggg agccgggctg ccgggacgag cgaagactgc ctctatctga atatctggtc
 8700
 tcccaaacag gtcggtaagg gggggctccc cgtcatgata tgggtttacg gcggtgggtt
 8760
 tagcggcggg tctggcgcgg tgccatatta tgacggctct gcgctcgcgc agaagggcgt
 8820
 ggtggtcgtc acgttcaact atcgcgccgg gattctgggc tttcttgccc atccggcgt
 8880
 ttcaaaggaa agtccgaatg gcgtgtcggg caactatggt cttctcgaca tgcctcgggc
 8940
 gttcaaatgg gttcagaaca acataaggga gttcggcggg gaccggaacc gtgtcacggt
 9000

ctttggcgag tccgccggcg cgagcgcgct cggactgctc ctgacctcgc cgctcagtga
9060

gagcgccctc aatcaggcga tactgcaaag tccgggtctg gccaggccgc tcgccacgct
9120

ttctgaaagc gaagcgaatg ggctggagct gggagccgat atttctgctc tacggcgtgc
9180

cgatgcgggc gaattgacga agatcgcgca atcgcgaaata cccatgtcgc gccagttcac
9240

caagccgcgg ccgatgggtc cgattctgga cggctatggt ttgcgcaccc ttgacgtcga
9300

tgccttcgcc aagggggcct tccgcaagat acccgttctg gtccggcgaa acgccgacga
9360

agggcgcgct tttacggatc gcctgccggt caaaacggtc cttgaatatc gagcctatct
9420

cacagaacaa tttggtgacg aggcggacgc atgggagcgt tggttatcccg cgaactccga
9480

cgccgacgtc cccgccgcgc ttgcccgctt ttttggggat agtcagttca acaacgggat
9540

cgagctgctc tcggcagcct tcgcgaaatg gcgaacgccg ctttggagat atcgctttac
9600

gggcattcca ggagccggcc gtgcgccgcg cacgcattga gacgaaattc cctatgtctt
9660

cgcaaactctg gggccgtcgt ccgtatctat gtttgggtcg ctcgaaaggcg gcgccggggc
9720

gtcggacatc aaacttgcca ccgaaatgtc cgcggcctgg gtgagcttcg cgggtgcacgg
9780

ggtcccgat cagggcacga aatcgactg gccgcgcttc gagcggcgag gggagatcat
9840

gacttttggg tcgcagggtg gctctgggga aggtcttgga gtttcgccga gcaaagcctg
9900

ccaaccctca aaatagcgcc cggcctgtgc gtgcttcagc acgccgtccc gctttgcggg
9960

cgacgggctg tgccctctgc ctagaaggaa gtaagttgcg ctacgacgtc gcgataattg
10020

gaggtggcaa cgctgcattg acggcagccg tgacggcgcg tgaagcgggg gcctcggttc
10080

ttgtgatcga gcatgcgcgc cgcgccatgc gcggcgcaa cagtcgtcac acacgcaata
10140

tgcgtacgat gcacgaacgt cccctgtcgc cgttgaccgg tgaatatctg gcggacgaat
10200

attggaatga tcttgtccgc gtcacggggg ggcgacccga cgaagaactc ggcgggctcg
10260

ttatccgcaa caccaccgac gctattccct tcatgacgcg ctgcggtgtg cgtttccagc
10320

cctcgctgtc gggcacgctg agtttatcgc gaaccaacgc attcttcctt ggcggcggga
10380

aggcgcttgt aaacgcatat tacgccacgg ccgaacggct aggcgtcgat attctctatg
10440

attctgaggt gaccgagatc aaccttcagc aaggcgctgt gcagcgctctg caattgcgca
10500

gccggggatt ccctgtcgaa gtggaagcca aggctgccat cgcctcgctc ggaggattcc
10560

aggcaaatct tgactggctc tcaagcgcat gggggcctgc tgcggcgaac ttcatcgta
10620

ggggcacgcc atatgcgact ggcacggtgc tcaagaacct gttggagcaa ggcgtgcct
10680

cggtgggaga tccaacccaa tgccatgctg tcgcgatcga tgggogagcg cccaaatacg
10740

acggcggcat cgtcacacga ctggactgcg ttcccttctc gatcgctgc aacaaggacg
10800

ccttgcgctt ctacgatgaa ggcgaagatg tgtggccgaa gcgttacgcc atatggggtc
10860

gcttggtggc acagcagcct gatcagatcg ctttcagcat aatcgatcgg caggccgaag
10920

acctcttcat gccgtcagtg ttcccccccg tgcaagcggg cagcatcgcg ggtctggccg
10980

agaaactcgg tctgaatccc gtaaccctgg aacgcacggt ggccgaattc aacgccgcat
11040

gcgtgcccgg cgaattcggc ggccaagatc tcgacgacct ccacaccgag ggaatcgaac
11100

caaagaaatc caactgggcc cgaccgatta ttgtgcccc gttcagcgcc tatectctcc
11160

ggcccgggat caccttcacc tatctcggcg tcaaggtaga cagccgtgcg cgggtcatca
11220

tggagacagg tgagccgaca aaaaacctgt ttgcttcggg ggaaataatg gcgggcagca
11280

ttctcggcc aagttatctc gctggatttg gaatggcgat tggtagcgta ttcggccgca
11340

tcgcgggttg ggaggccgca cgtcatgcag gattttgatc tcgtaaaaat gctgtctgac
11400

ttgccgtcgg cgccggagct ggaagccagg cgcgttatgg aggtgtgcaa cgcgtgccgc
11460

tattgcgaag ggttctgcgc ggtatttctt gcaatgacct tgcagcgtca tttcgccagc
11520

ggcgatctca gccacctcgc caatctctgc cactcgtgcc aaggttgcta ttaacgctgc
11580

caatacgccc ctccgcatga gttcggaata aacgttccaa aggcgctgtc ggagttgcgg
11640

ctcgagagct acgagcagca tgcttggccc cggccggctc cgcctctcta tcgcaagaat
11700

gcgctcatca tttccatctt gtcggcggca tgcataaccg gcgtccttct gcttgccgcc
11760

atcttcaacg gggatgcact tttcgcaaaa cacgcacggc tgcccggcgg cgggttttac
11820

aacgttattc cttatcaggc gatgattgcc gtcgcggcga ccacatttct ttattccgcg
11880

ctggcgctgg cgatcagtct cgttcgcttt tcgcggacga tcggtctggg aattaagggt
11940

ctttatcagc acgtgccggc tcttcggggc ctacgcgatg cggcgactct gcgatatctc
12000

ggcggcagcg acggcgaggg gtgtaacgac gcggacgaga cattttcgac gaccggcgga
12060

aaatttcac cagcccttgc ctatggcttc ggactttggt tcgcggccac agccacgggc
12120

acgatctacg atcatatggt cggctggccg gcgcctatg cgcttttcag cttgccggtc
12180

gtcctagga cggttggggg gatcggaatg gtcgtggggc cgatcggcct actctggctc
12240

aagctggccg gcgaagacgc tcctcgatca ccggcactgc ttggggccga tgttgccctg
12300

ttggtgcttc tgcttgccat agcggcaacg ggccctctcc ttttagcggc ccgcagcacc
12360

gaagtcattg gcgtcgcgct cgcgctccat ctccggcgtc tcttgccctt ctttttggtg
12420

atgccataca gcaaatttgt ccacgggtatc ttcaggctca cggctctcgt gcgccatcat
12480

gctgaccgcg aggcaagtaa tggcttcgcc tccagccctc ccacgaaaaa ggggttaaaca
12540

atggaacata tgaagtccgt tcgcgatcgc agtagcgtca tgcagatcgt gagagtggcg
12600

agtggaact gtctcgagca atatgatttc ttcgtttacg gcttctatgc ggcatatatt
12660

gcgagaagct tttttccgac cggcgataac gcgacatcgc tcatgctttc attggccact
12720

tttggcgctg gtttccatcat gaggcccttg ggggcgattt ttctcgggtc ctacatcgat
12780

cgcgtcgggc gtcggaaagg cctgatcgtg aactcgcga tcatggccgt cggaaccctc
12840

accattgcga tgactccaag ctatgaggca attggattac tcgcaccggt tatcgtgctc
12900

gtcgggagac ttttgcaggg tttttccgct ggagcagagt cgggtggcgt ctacgtgtac
12960

ttggcggaat ttgctgcgc caaatcgaga ggctttctca cctcgtggca gtctgccagc
13020

cagcaggtgg ccgtcatgat cgccgccgag atcgggtctg cgctgcaatc aacgctttca
13080

ccggagcaaa tgaacgactg gggatggcgg gtgcccttgt tgatcggatg cttgattatc
13140

cccgtagaac tctggctgag ccggtctctc ccggaaacga aagcctatct ccacatggag
13200

cacaaggcgc attcgatcgg cgaatccctc cgcaattgc aacagagctg ggggctgac
13260

ttgacgggca tggcgatgac gatcctcacg acgaccaact tttacatgat taccgcctat
13320

acgccgacat ttggcgagaa agcactcgga ctgagcccgc aagatgtcct gctggttacc
13380

atcatggtcg gcgtgtcgaa cttcctgtgg cttccgatcg ggggtgctct ctcgatcgt
13440

atcggtagaa ccccgatcct actggtcgtg ccggtcaccg ttctcgccat cgcctttccc
13500

ctgatgagct ggctcgtcgc ggcaccgaca ttccggagcgc ttgcagctgt tctgctgact
13560

ttctccgcat gctttggact ctataatggg gcgctcatcg cgagactcac cgagattatg
13620

cctcccgcca ttagaaccct tggcttctcg ctggcggtca gtctcgcgac ctgctgttc
13680

ggcggttca ccccatgggt aagtaaggcg ctaatccacg cgacgggcag caattccgag
13740

cctgcaatct ggctctgttt tgcggctttc atcagcttcg tcggtgtggc cgcacgacc
13800

cggctgagcc ggccaatcgc cgaaggcgcc agataggaca atcagagaat gcccgctgcgg
13860

caatgaagcg agattcgggc ggtaggtgcg ctggcggcac ttgcggaaga gccgttgcg
13920

acggctgaaa cgatgatggt atgaatgggc taagacatga gagcagtagt ttaccgaaat
13980

ggcgaacttg tcctgggggc ctatgctgat ccgatacccg ccgccgggca ggtgctcgtc
14040

aagaccagag catgcggcat ctgcggatct gaccttcatt ttgcgatca tgcgcaggcg
14100

tttacgaacc ttgcatcgcg ggcggtatc gcctctatgg aagttgattt gtgtcgagac
14160

atcgttctgg ggcatgaatt ctgtggcgag attatggagt tcgggccctc tgcggatcgt
14220

cgcttcaaac ccggacagct tgtgtgctcg ctgccgctgg cgatcgggtcc gaccggagcg
14280

cggacgattg gctactcgga tgagtatccc ggcgggctcg gogaatatat ggtcctcacg
14340

gaagcgctct tgctgcctgt tccgaacggc cttccggcga cctgcgcggc gttgacggag
14400

ccgatggcgg tgggatggca tgccgtcgag atcgcgcagg ttcaaccaca tcacatccct
14460

gtggtgatcg ggtgcggacc ggtcgggttg gcagtcgtcg ctgccctgaa acataagcaa
14520

gttgctccga ttattgcgtc ggatccatcg cccgatcggc gtgctcttgc tctgcggatg
14580

ggcgccgacg ccgttgctga tccgcgcgaa gaatcaccct ttgccaggc cgagaagatc
14640

gcacgcccgg tcggacaagg tggggccctg tccagctcat tgctgtcaaa gtctcaaatg
14700

atattcgaat gcgtaggggt gccgggcatg cttcggcatg cgatggacgg cgcgtccgac
14760

gggtccgaga tcatggtcgt tggcgcgatgc atgcagccgg acgcgatcga gcccatgatc
14820

gggatgttta aagcgctcac gatcaaattc tcgcgaactt acacgggtga ggaattcgcc
14880

gcggtgcttc acatgatagg tgaggcgca ctgcagtat ctccgctcgt taccgatgtg
14940

attggcctgt ccgatgtccc gtccgcgttt gaggtcttac ggagtccagg cgcccaagca
15000

aaagtgattg tggacccttg gcgctgagcc tgaggatgcc aaggggtgcga cgttgggcat
15060

cgtcaaagaa ggcgacgttg acccggtatg tgaacatccc catattcttc cgcagctgaa
15120

gcagttggta aacatgccaa aatatgaact gtagtattgc gtcggggttc tcattgtggg
15180

gtttgccatt gtcacgctc gcacccggcg acaaagatta gatgtacttc cgataatccg
15240

tgctctcgac ctggccttcc ttcatatatt tcaggacctc tccgaccatg cgtgcggcgc
15300

ggatcgggat cggcaggcgt tggttcatct gggtcgagtt ccagttgatc ttcgtaagag
15360

agaacacctc ctcggtaac tgcgccgcgg tactatcgca ggatcgtctc gagcgtycgc
15420

<210> 2
<211> 1182
<212> ADN
<213> *Sphingopyxis* sp.

<220>
<221> Seq ID 2 (fumA)
<222> (1)..(1182)

<300>
<308> FJ426269
<309> 2009-06-11
<313> (1)..(1182)

<400> 2
atgcggaacg tcagcgacaa ggcgccgccc cagcagacgc tcaccgtagt cgtcgcggca
60

atgatcgttg gcacggccgc cttgatggtg cttggaatac agcccatcct tctcggcgcc
120

cttgtagagg aggggcgtat tccgcgcgag gggttgggat cggcggcaac ggtggaaata
180

ctggcgatcg cggcgggaac atgcatcgga ccggttctta tgaagacggg atatctgcgg
240

gcgaaatgcg cggcactctg cttaatgctc gccgcaatca acttcggatt gacgttgccg
300

ggtttcgatt tgcccatcgt ggcttgccga gcggcagcgg gagccctgga aggtctttcg
360

ctcagcgcgg cgatcctgat catgactcat aatcggcggc cggaccggct gagcgggaata
420

tttctgggcg cgcagacgat accgcaggta atatctgctt atttgctccc gacggagatt
480

attccgcgct gggggagcgc aggcggcttc acgatacctgg gcattctcgc ggcgatcgcc
540

gcgatcgcgg ctctgtgcct cgtcgatcgc gttgagctcg atccgacgac cgttaacgac
600

gacttgcaat ggtcaccgcg ggcgatcgtc atttcgatgg cggcattcgt tcaattctcg
660

ggggtcgggtg ccgcatggag ctatctggag cgactggctg cgcagcacgg attttcggga
720

gaaacgatcg gtatcgccat ttccgggagt ttgctttgcc aggtaggcgg ggcttggtcg
780

gccgcttgga tcggtgggcg ggtcggatat cgcttcgcct taatcgctgg gagcotgctt
840

caggcgggca acgtgatcgc attggcgggtg gccgatcagc caagctgggtt tatttcgcgt
900

tcctgtgctt tcggcctggt ctggttggtg atgcagccct tccaaatccg cttcgcgatc
960

gcatagata acagccggca gcttgctgta ctgctgacgc cgatcgccct cgtcgggttg
1020

agcgcggggc ccttggttgct ctctcgcttt gccggggcga ccgacttgcg ctggatcttt
1080

gtggggagtt cgaccttggt gctggccagc gcgcttctgt atctttgcgc ttctctgttt
1140

caaccgcgcg gaaaggtgat cgctgaaacg gtggacgtat ga
1182

<210> 3

<211> 393

<212> PRT

<213> Sphingopyxis sp.

<220>

<221> Seq ID 3 (FumA)

<222> (1)..(393)

<300>

<308> FJ426269

<309> 2009-06-11

<313> (1)..(393)

<400> 3

Met	Arg	Asn	Val	Ser	Asp	Lys	Ala	Pro	Pro	His	Glu	Thr	Leu	Thr	Val
1				5					10					15	

Val	Val	Ala	Ala	Met	Ile	Val	Gly	Thr	Ala	Ala	Leu	Met	Val	Leu	Gly
		20					25						30		

Ile Gln Pro Ile Leu Leu Gly Ala Leu Val Glu Glu Gly Arg Ile Pro
 35 40 45

Ala Glu Gly Leu Gly Ser Ala Ala Thr Val Glu Ile Leu Ala Ile Ala
 50 55 60

Ala Gly Thr Cys Ile Gly Pro Val Leu Met Lys Thr Gly Tyr Leu Arg
 65 70 75 80

Ala Lys Cys Ala Ala Leu Cys Leu Met Leu Ala Ala Ile Asn Phe Gly
 85 90 95

Leu Thr Leu Pro Gly Phe Asp Leu Pro Ile Val Ala Cys Arg Ala Ala
 100 105 110

Ala Gly Ala Leu Glu Gly Leu Ser Leu Ser Ala Ala Ile Leu Ile Met
 115 120 125

Thr His Asn Arg Arg Pro Asp Arg Leu Ser Gly Ile Phe Leu Gly Ala
 130 135 140

Gln Thr Ile Pro Gln Val Ile Ser Ala Tyr Leu Leu Pro Thr Glu Ile
 145 150 155 160

Ile Pro Arg Trp Gly Ser Ala Gly Gly Phe Thr Ile Leu Gly Ile Leu
 165 170 175

Ala Ala Ile Ala Ala Ile Ala Ala Leu Cys Leu Val Asp Arg Val Glu
 180 185 190

Leu Asp Pro Thr Thr Val Asn Asp Asp Leu Gln Trp Ser Pro Ala Ala
 195 200 205

Ile Val Ile Ser Met Ala Ala Phe Val Gln Phe Ser Gly Val Gly Ala
 210 215 220

Ala Trp Ser Tyr Leu Glu Arg Leu Ala Ala Gln His Gly Phe Ser Gly
 225 230 235 240

Glu Thr Ile Gly Ile Ala Ile Ser Gly Ser Leu Leu Cys Gln Val Gly
 245 250 255

Gly Ala Trp Leu Ala Ala Trp Ile Gly Gly Arg Val Gly Tyr Arg Phe
 260 265 270

Ala Leu Ile Ala Gly Ser Leu Leu Gln Ala Gly Asn Val Ile Ala Leu
 275 280 285

Ala Val Ala Asp Gln Pro Ser Trp Phe Ile Ser Ala Ser Cys Ala Phe
 290 295 300

Gly Leu Phe Trp Leu Ala Met Gln Pro Phe Gln Ile Arg Phe Ala Ile
 305 310 315 320

Ala Ile Asp Asn Ser Arg Gln Leu Ala Val Leu Leu Thr Pro Ile Ala
 325 330 335

Leu Val Gly Leu Ser Ala Gly Pro Leu Leu Leu Ser Arg Phe Ala Gly
 340 345 350

Ala Thr Asp Leu Arg Trp Ile Phe Val Gly Ser Ser Thr Leu Leu Leu
 355 360 365

Ala Ser Ala Leu Leu Tyr Leu Cys Ala Ser Leu Phe Gln Pro Arg Gly
 370 375 380

Lys Val Ile Ala Glu Thr Val Asp Val
 385 390

<210> 4
 <211> 651
 <212> ADN
 <213> Sphingopyxis sp.

<220>
 <221> Seq ID 4 (fumB)
 <222> (1)..(651)

<300>
 <308> FJ426269
 <309> 2009-06-11
 <313> (1)..(651)

<400> 4
 atgacatcgc aggtcaagct tcgtagcgcg gcaaagcggc cgcgagtc taaaagcgag
 60

cgaggtcttg ctcgttacga gtccttgctt gatgcgaccg acaggctggt ggtcgatcta
 120

gaccccgatc aggtcgggtct ctatcagatt gcagaggaag cgggtgcctc accgtcgctc
 180

gtctatcatt tctttccgac caaggaagtg gctcatctcg ctctgatgcg ccgctatctg
 240

gaggggctcc ggaatctcga cgcgatggaa gtcgacatcg gccagctcga aagctggcag
300

gacctgatga agttggatca gatcagggcg cgagactatt ataatagcca cccgcccgcc
360

ctcaagcttc tgttcggcgg atatggcggg gtcgaggcca gaaagcttga cgagcgatac
420

tccgaggaaa tcgtgagctc catgtatggc agatacaacg gcattttcca tatgccgcaa
480

atggagaatg aggctctcat gttcacgacg tgcttcgcaa ttctcgacgc ggtatgggcc
540

gtctcctttc gccggttcgg tgaaattacg toggattttc ttcgggaggg gcaagcggct
600

tgcatcgctt attgccgaca ctatctgccc gagcgaacgc catcagcgtg a
651

<210> 5
<211> 216
<212> PRT
<213> Sphingopyxis sp.

<220>
<221> Seq ID 5 (FumB)
<222> (1)..(216)

<300>
<308> FJ426269
<309> 2009-06-11
<313> (1)..(216)

<400> 5

Met Thr Ser Gln Val Lys Leu Arg Ser Ala Ala Lys Arg Pro Arg Ser
1 5 10 15

Pro Lys Ser Glu Arg Gly Leu Ala Arg Tyr Glu Ser Leu Leu Asp Ala
20 25 30

Thr Asp Arg Leu Leu Val Asp Leu Asp Pro Asp Gln Val Gly Leu Tyr
35 40 45

Gln Ile Ala Glu Glu Ala Gly Ala Ser Pro Ser Ser Val Tyr His Phe
50 55 60

Phe Pro Thr Lys Glu Val Ala His Leu Ala Leu Met Arg Arg Tyr Leu
65 70 75 80

Glu Gly Leu Arg Asn Leu Asp Ala Met Glu Val Asp Ile Gly Gln Leu
85 90 95

Glu Ser Trp Gln Asp Leu Met Lys Leu Asp Gln Ile Arg Ala Arg Asp
 100 105 110

Tyr Tyr Asn Ser His Pro Pro Ala Leu Lys Leu Leu Phe Gly Gly Tyr
 115 120 125

Gly Gly Val Glu Ala Arg Lys Leu Asp Glu Arg Tyr Ser Glu Glu Ile
 130 135 140

Val Ser Ser Met Tyr Gly Arg Tyr Asn Gly Ile Phe His Met Pro Gln
 145 150 155 160

Met Glu Asn Glu Ala Leu Met Phe Thr Ile Cys Phe Ala Ile Leu Asp
 165 170 175

Ala Val Trp Ala Val Ser Phe Arg Arg Phe Gly Glu Ile Thr Ser Asp
 180 185 190

Phe Leu Arg Glu Gly Gln Ala Ala Cys Ile Ala Tyr Cys Arg His Tyr
 195 200 205

Leu Pro Glu Arg Thr Pro Ser Ala
 210 215

<210> 6
 <211> 945
 <212> ADN
 <213> Sphingopyxis sp.

<220>
 <221> Seq ID 6 (fumC)
 <222> (1)..(945)

<300>
 <308> FJ426269
 <309> 2009-06-11
 <313> (1)..(945)

<400> 6
 gtggccagca agttcaactg tgagttactc gatctgcgat catttggtgc ggtgtatgaa
 60

acgcgaagtt ttagccacgc cgcgcggcct ctgaatcaat cgcagcccgc gtcagccgg
 120

agaatccagc gctctgagag tctcgtgggc ggtccgttgt tcgagcggac cagtcggtcg
 180

cttgccgaaa cggcgctcgg caaagagttg ctcccggtcg cccaccgagc gttggaactt
 240

gtcgatacgt cgctgtttgc gtcgccaat gtcgggagt tccgtggac agacatcacg
300

attgcctgtg tacagaccgc cgccttccat gttctcccgc gagctgcgcg cttgtacatg
360

gatcaaaatc cgaggggtccg actccgcac cttgacgtgc cggcggtcga ggctgcggac
420

ctggttgcga gcggcgaggc ggagttcggc atcagcattg agagcctggt gccatcaagc
480

ctgcggttcg atgcgctcca cgaggaccgc ttgggcctgg catgccaccg aagccatccg
540

ctggcgctgc tcgagatcct tgaatggacg caattgaaag gtgaaagcct gatcgccgtt
600

caccgtgcga gccggaaccg cacgttgctc gatgccgaac tcgcgcgcaa caatatcgcg
660

ctggaatggc ggtatgaggt cgcgcactcg acgacggcgc tgggattgat cgatgcgcaa
720

ttgggtgtcg ctgttatgcc ccgcattggt atgccccgct cgggtcggtc ggaggtcgtc
780

tggcgccccg tcgtcgcgcc ggtcgtccaa cgcacgatcg gcacgttca gcgccgcacc
840

ggctcgatgc accctgccgc acagcaattg cttgcgcggc tccgcgcggc ctggtcgtcc
900

gccaatctgg gcgacatcgc gtctcgcgaa gatggggcat cgtga
945

<210> 7

<211> 314

<212> PRT

<213> Sphingopyxis sp.

<220>

<221> Seq ID 7 (FumC)

<222> (1)..(314)

<300>

<308> FJ426269

<309> 2009-06-11

<313> (1)..(314)

<400> 7

Val	Ala	Ser	Lys	Phe	Asn	Cys	Glu	Leu	Leu	Asp	Leu	Arg	Ser	Phe	Val
1				5					10					15	

Ala	Val	Tyr	Glu	Thr	Arg	Ser	Phe	Ser	His	Ala	Ala	Arg	Leu	Leu	Asn
			20					25					30		

Gln Ser Gln Pro Ala Leu Ser Arg Arg Ile Gln Arg Leu Glu Ser Leu
 35 40 45
 Val Gly Gly Pro Leu Phe Glu Arg Thr Ser Arg Ser Leu Ala Glu Thr
 50 55 60
 Ala Leu Gly Lys Glu Leu Leu Pro Val Ala His Arg Ala Leu Glu Leu
 65 70 75 80
 Val Asp Thr Ser Leu Phe Ala Ser Pro Asn Val Arg Glu Phe Arg Trp
 85 90 95
 Thr Asp Ile Thr Ile Ala Cys Val Gln Thr Ala Ala Phe His Val Leu
 100 105 110
 Pro Arg Ala Ala Arg Leu Tyr Met Asp Gln Asn Pro Arg Val Arg Leu
 115 120 125
 Arg Ile Leu Asp Val Pro Ala Val Glu Ala Ala Asp Leu Val Ala Ser
 130 135 140
 Gly Glu Ala Glu Phe Gly Ile Ser Ile Glu Ser Leu Leu Pro Ser Ser
 145 150 155 160
 Leu Arg Phe Asp Ala Leu His Glu Asp Pro Phe Gly Leu Ala Cys His
 165 170 175
 Arg Ser His Pro Leu Ala Ser Leu Glu Ile Leu Glu Trp Thr Gln Leu
 180 185 190
 Lys Gly Glu Ser Leu Ile Ala Val His Arg Ala Ser Arg Asn Arg Thr
 195 200 205
 Leu Leu Asp Ala Glu Leu Ala Arg Asn Asn Ile Ala Leu Glu Trp Arg
 210 215 220
 Tyr Glu Val Ala His Leu Thr Thr Ala Leu Gly Leu Ile Asp Ala Gln
 225 230 235 240
 Leu Gly Val Ala Val Met Pro Arg Met Val Met Pro Arg Ser Gly Arg
 245 250 255
 Ser Glu Val Val Trp Arg Pro Val Val Ala Pro Val Val Gln Arg Thr
 260 265 270

Ile Gly Ile Val Gln Arg Arg Thr Gly Ser Met His Pro Ala Ala Gln
 275 280 285

Gln Leu Leu Ala Arg Leu Arg Ala Ala Trp Ser Ser Ala Asn Leu Gly
 290 295 300

Asp Ile Ala Ser Arg Glu Asp Gly Ala Ser
 305 310

<210> 8
 <211> 1623
 <212> ADN
 <213> Sphingopyxis sp.

<220>
 <221> Seq ID 8 (fumD)
 <222> (1)..(1623)

<300>
 <308> FJ426269
 <309> 2009-06-11
 <313> (1)..(1623)

<400> 8
 gtgaaagagc accaatgccg tggcggccgg gcgtcccccg ctgcgcccgc cactggtt
 60

gcgcggatca gcgtttcccg gggggcctcc gccatcgcct ggaccttcat gcttggcgca
 120

actgccattc ccgtggctgc gcaaactgac gatccgaagc tcgttcgtca taccagtcg
 180

ggcgccgtcg agggcgtcga gggcgacgtc gagacttttt tgggaatacc cttcgcggt
 240

ccgcccgtcg gcgacctgcg atggcgcccg ccggctccgc cgagggcggtg ggcgggcacc
 300

agggacggcc gccgctttgc gcccgattgc atcggaacg agcggttag agaggggagc
 360

cgggctgccg ggacgagcga agactgcctc tatctgaata tctggtctcc caaacaggtc
 420

ggtaaggggg ggctccccgt catgatctgg gtttacggcg gtgggttag cggcggttct
 480

ggcgcggtgc catattatga cggctctgcg ctgcgcgaga agggcggtgt ggtcgtcacg
 540

ttcaactatc gcgccgggat tctgggcttt cttgcccatc cggcgctttc aaaggaaagt
 600

ccgaatggcg tgtcgggcaa ctatggtctt ctcgacatgc tcgcggcggtt caaatgggtt
 660

cagaacaaca taagggagtt cggcggagac ccgaaccgtg tcacggtctt tggcgagtcc
720

gccggcgaga gcgcgctcgg actgctcctg acctcgccgc tcagtgagag cgccttcaat
780

caggcgatac tgcaaagtcc gggctctggcc aggcgctcgc ccacgctttc tgaaagcgaa
840

gcgaatgggc tggagctggg agccgatatt tctgctctac ggcgtgccga tgcgggcgaa
900

ttgacgaaga tcgcgcaatc gcgaataccc atgtcgcgcc agttcaccaa gccgcggccg
960

atgggtccga ttctggacgg ctatgttttg cgcacccttg acgtcgatgc cttcgccaag
1020

ggggccttcc gcaagatacc cgttctggtc ggcggaaacg ccgacgaagg gcgcgctttt
1080

acggatcgcc tgccggtcaa aacggtcctt gaatatcgag cctatctcac agaacaattt
1140

ggtgacgagg cggacgcatg ggagcgttgt tatcccgga actccgacgc cgacgtcccc
1200

gccgccgttg cccgtctttt tggggatagt cagttcaaca acgggatcga gctgctctcg
1260

gcagccttcg cgaaatggcg aacgccgctt tggagatata gctttacggg cattccagga
1320

gccggccgtc gccccgccac gcatggagac gaaattccct atgtcttcgc aaatctgggg
1380

ccgtcgtccg tatctatgtt tgggtcgctc gaaggcggcg ccggggcgtc ggacatcaaa
1440

cttgcgaccg aaatgtccgc ggcctgggtg agcttcgcgg tgcacggggt ccccgatcag
1500

ggcacgaaat cgcactggcc gcgcttcgag cggcgagggg agatcatgac ttttggttcg
1560

caggttggct ctggggaagg tcttggagtt tcgccgagca aagcctgcc accctcaaaa
1620

tag
1623

<210> 9
<211> 540
<212> PRT
<213> Sphingopyxis sp.

<220>
<221> Seq ID 9 (FumD)

<222> (1)..(540)

<300>

<308> FJ426269

<309> 2009-06-11

<313> (1)..(540)

<400> 9

Val Lys Glu His Gln Cys Arg Gly Gly Arg Ala Ser Pro Ala Ala Pro
1 5 10 15

Ala Thr Trp Leu Ala Arg Ile Ser Val Ser Arg Gly Ala Ser Ala Ile
20 25 30

Ala Trp Thr Phe Met Leu Gly Ala Thr Ala Ile Pro Val Ala Ala Gln
35 40 45

Thr Asp Asp Pro Lys Leu Val Arg His Thr Gln Ser Gly Ala Val Glu
50 55 60

Gly Val Glu Gly Asp Val Glu Thr Phe Leu Gly Ile Pro Phe Ala Ala
65 70 75 80

Pro Pro Val Gly Asp Leu Arg Trp Arg Pro Pro Ala Pro Pro Arg Ala
85 90 95

Trp Ala Gly Thr Arg Asp Gly Arg Arg Phe Ala Pro Asp Cys Ile Gly
100 105 110

Asn Glu Arg Leu Arg Glu Gly Ser Arg Ala Ala Gly Thr Ser Glu Asp
115 120 125

Cys Leu Tyr Leu Asn Ile Trp Ser Pro Lys Gln Val Gly Lys Gly Gly
130 135 140

Leu Pro Val Met Ile Trp Val Tyr Gly Gly Gly Phe Ser Gly Gly Ser
145 150 155 160

Gly Ala Val Pro Tyr Tyr Asp Gly Ser Ala Leu Ala Gln Lys Gly Val
165 170 175

Val Val Val Thr Phe Asn Tyr Arg Ala Gly Ile Leu Gly Phe Leu Ala
180 185 190

His Pro Ala Leu Ser Lys Glu Ser Pro Asn Gly Val Ser Gly Asn Tyr
195 200 205

Gly Leu Leu Asp Met Leu Ala Ala Phe Lys Trp Val Gln Asn Asn Ile
 210 215 220
 Arg Glu Phe Gly Gly Asp Pro Asn Arg Val Thr Val Phe Gly Glu Ser
 225 230 235 240
 Ala Gly Ala Ser Ala Leu Gly Leu Leu Leu Thr Ser Pro Leu Ser Glu
 245 250 255
 Ser Ala Phe Asn Gln Ala Ile Leu Gln Ser Pro Gly Leu Ala Arg Pro
 260 265 270
 Leu Ala Thr Leu Ser Glu Ser Glu Ala Asn Gly Leu Glu Leu Gly Ala
 275 280 285
 Asp Ile Ser Ala Leu Arg Arg Ala Asp Ala Gly Glu Leu Thr Lys Ile
 290 295 300
 Ala Gln Ser Arg Ile Pro Met Ser Arg Gln Phe Thr Lys Pro Arg Pro
 305 310 315 320
 Met Gly Pro Ile Leu Asp Gly Tyr Val Leu Arg Thr Leu Asp Val Asp
 325 330 335
 Ala Phe Ala Lys Gly Ala Phe Arg Lys Ile Pro Val Leu Val Gly Gly
 340 345 350
 Asn Ala Asp Glu Gly Arg Ala Phe Thr Asp Arg Leu Pro Val Lys Thr
 355 360 365
 Val Leu Glu Tyr Arg Ala Tyr Leu Thr Glu Gln Phe Gly Asp Glu Ala
 370 375 380
 Asp Ala Trp Glu Arg Cys Tyr Pro Ala Asn Ser Asp Ala Asp Val Pro
 385 390 395 400
 Ala Ala Val Ala Arg Leu Phe Gly Asp Ser Gln Phe Asn Asn Gly Ile
 405 410 415
 Glu Leu Leu Ser Ala Ala Phe Ala Lys Trp Arg Thr Pro Leu Trp Arg
 420 425 430
 Tyr Arg Phe Thr Gly Ile Pro Gly Ala Gly Arg Arg Pro Ala Thr His
 435 440 445
 Gly Asp Glu Ile Pro Tyr Val Phe Ala Asn Leu Gly Pro Ser Ser Val

450 455 460
 Ser Met Phe Gly Ser Leu Glu Gly Gly Ala Gly Ala Ser Asp Ile Lys
 465 470 475 480
 Leu Ala Thr Glu Met Ser Ala Ala Trp Val Ser Phe Ala Val His Gly
 485 490 495
 Val Pro Asp Gln Gly Thr Lys Ser His Trp Pro Arg Phe Glu Arg Arg
 500 505 510
 Gly Glu Ile Met Thr Phe Gly Ser Gln Val Gly Ser Gly Glu Gly Leu
 515 520 525
 Gly Val Ser Pro Ser Lys Ala Cys Gln Pro Ser Lys
 530 535 540

 <210> 10
 <211> 1503
 <212> ADN
 <213> Sphingopyxis sp.

 <220>
 <221> Seq ID 10 (fumE)
 <222> (1)..(1503)

 <300>
 <308> FJ426269
 <309> 2009-06-11
 <313> (1)..(1503)

 <400> 10
 ttggagtttc gccgagcaaa gcctgccaac cctcaaaata gcgcccggcc tgtgcgtgct
 60
 tcagcacgcc gtcccgcttt gcgggcgacg ggctgtgccc tctgcctaga aggaagtaag
 120
 ttgcgctacg acgtcgcgat aattggaggt ggcaacgctg cattgacggc agccgtgacg
 180
 gcgcgtgaag cgggggcctc ggttcttgat atcgagcatg cgccgcgcgc catgcgcggc
 240
 ggcaacagtc gtcacacacg caatatgcgt acgatgcacg aacgtcccct gtcgccgttg
 300
 accggtgaat attcggcgga cgaatattgg aatgatcttg tccgcgtcac gggggggcgc
 360
 accgacgaag aactcgcgcg gctcgttatc cgcaacacca ccgacgtat tcccttcattg
 420

acgcgctgcg gtgtgcgttt ccagccctcg ctgtcgggca cgctgagttt atcgcgaacc
480

aacgcattct tccttggcgg cgggaaggcg cttgtaaacg catattacgc cacggccgaa
540

cggttaggcg tcgatattct ctatgattct gaggtgaccg agatcaacct tcagcaaggc
600

gtcgtgcagc gtctgcaatt gcgcagccgg ggattccctg tcgaagtgga agccaaggct
660

gccatgcct cgtccggagg attccaggca aatcttgact ggctctcaag cgcattggggg
720

cctgctgcgg cgaacttcat cgtacggggc acgccatatg cgactggcac ggtgctcaag
780

aacctgttgg agcaaggcgt cgcttcggtg ggagatccaa cccaatgcca tgctgtcgcg
840

atcgatgggc gagcgcccaa atacgacggc ggcatcgta cagcactgga ctgcgttccc
900

ttctcgatcg tcgtcaacaa ggacgccttg cgcttctacg atgaaggcga agatgtgtgg
960

ccgaagcggt acgccatatg gggtcgcttg gtggcacagc agcctgatca gatcgctttc
1020

agcataatcg atcggcaggc cgaagacctc ttcattgccgt cagtgttccc ccccgtagaa
1080

gcggacacga tcgcggtctt ggccgagaaa ctcggtctga atcccgtaac cctggaacgc
1140

acgggtggccg aattcaacgc cgcattcggt cccggcggaat tcggcggcca agatctcgac
1200

gacctccaca ccgagggaat cgaaccaaag aaatccaact gggcccgacc gattattgtg
1260

ccccgttca gcgcctatcc tctccggccc gggatcacct tcacctatct cggcgtcaag
1320

gtagacagcc gtgcgcgggt catcatggag acaggtgagc cgacaaaaaa cctgtttgct
1380

tcgggggaaa taatggcggg cagcattctc ggccaagggt atctcgctgg atttggaatg
1440

gcgattggtg ccgtattcgg ccgcatcgcg ggttgggagg ccgcacgtca tgcaggattt
1500

tga
1503

<210> 11
<211> 500
<212> PRT

<213> Sphingopyxis sp.

<220>

<221> Seq ID 11 (FumE)

<222> (1)..(500)

<300>

<308> FJ426269

<309> 2009-06-11

<313> (1)..(500)

<400> 11

Leu Glu Phe Arg Arg Ala Lys Pro Ala Asn Pro Gln Asn Ser Ala Arg
1 5 10 15

Pro Val Arg Ala Ser Ala Arg Arg Pro Ala Leu Arg Ala Thr Gly Cys
20 25 30

Ala Leu Cys Leu Glu Gly Ser Lys Leu Arg Tyr Asp Val Ala Ile Ile
35 40 45

Gly Gly Gly Asn Ala Ala Leu Thr Ala Ala Val Thr Ala Arg Glu Ala
50 55 60

Gly Ala Ser Val Leu Val Ile Glu His Ala Pro Arg Ala Met Arg Gly
65 70 75 80

Gly Asn Ser Arg His Thr Arg Asn Met Arg Thr Met His Glu Arg Pro
85 90 95

Leu Ser Pro Leu Thr Gly Glu Tyr Ser Ala Asp Glu Tyr Trp Asn Asp
100 105 110

Leu Val Arg Val Thr Gly Gly Arg Thr Asp Glu Glu Leu Ala Arg Leu
115 120 125

Val Ile Arg Asn Thr Thr Asp Ala Ile Pro Phe Met Thr Arg Cys Gly
130 135 140

Val Arg Phe Gln Pro Ser Leu Ser Gly Thr Leu Ser Leu Ser Arg Thr
145 150 155 160

Asn Ala Phe Phe Leu Gly Gly Gly Lys Ala Leu Val Asn Ala Tyr Tyr
165 170 175

Ala Thr Ala Glu Arg Leu Gly Val Asp Ile Leu Tyr Asp Ser Glu Val
180 185 190

Thr Glu Ile Asn Leu Gln Gln Gly Val Val Gln Arg Leu Gln Leu Arg
 195 200 205

Ser Arg Gly Phe Pro Val Glu Val Glu Ala Lys Ala Ala Ile Ala Ser
 210 215 220

Ser Gly Gly Phe Gln Ala Asn Leu Asp Trp Leu Ser Ser Ala Trp Gly
 225 230 235 240

Pro Ala Ala Ala Asn Phe Ile Val Arg Gly Thr Pro Tyr Ala Thr Gly
 245 250 255

Thr Val Leu Lys Asn Leu Leu Glu Gln Gly Val Ala Ser Val Gly Asp
 260 265 270

Pro Thr Gln Cys His Ala Val Ala Ile Asp Gly Arg Ala Pro Lys Tyr
 275 280 285

Asp Gly Gly Ile Val Thr Arg Leu Asp Cys Val Pro Phe Ser Ile Val
 290 295 300

Val Asn Lys Asp Ala Leu Arg Phe Tyr Asp Glu Gly Glu Asp Val Trp
 305 310 315 320

Pro Lys Arg Tyr Ala Ile Trp Gly Arg Leu Val Ala Gln Gln Pro Asp
 325 330 335

Gln Ile Ala Phe Ser Ile Ile Asp Arg Gln Ala Glu Asp Leu Phe Met
 340 345 350

Pro Ser Val Phe Pro Pro Val Gln Ala Asp Thr Ile Ala Gly Leu Ala
 355 360 365

Glu Lys Leu Gly Leu Asn Pro Val Thr Leu Glu Arg Thr Val Ala Glu
 370 375 380

Phe Asn Ala Ala Cys Val Pro Gly Glu Phe Gly Gly Gln Asp Leu Asp
 385 390 395 400

Asp Leu His Thr Glu Gly Ile Glu Pro Lys Lys Ser Asn Trp Ala Arg
 405 410 415

Pro Ile Ile Val Pro Pro Phe Ser Ala Tyr Pro Leu Arg Pro Gly Ile
 420 425 430

Thr Phe Thr Tyr Leu Gly Val Lys Val Asp Ser Arg Ala Arg Val Ile
 435 440 445

Met Glu Thr Gly Glu Pro Thr Lys Asn Leu Phe Ala Ser Gly Glu Ile
 450 455 460

Met Ala Gly Ser Ile Leu Gly Gln Gly Tyr Leu Ala Gly Phe Gly Met
 465 470 475 480

Ala Ile Gly Thr Val Phe Gly Arg Ile Ala Gly Trp Glu Ala Ala Arg
 485 490 495

His Ala Gly Phe
 500

<210> 12
 <211> 1173
 <212> ADN
 <213> Sphingopyxis sp.

<220>
 <221> Seq ID 12 (fumF)
 <222> (1)..(1173)

<300>
 <308> FJ426269
 <309> 2009-06-11
 <313> (1)..(1173)

<400> 12
 atgcaggatt ttgatctcgt aaaaatgctg tctgacttgc cgtcggcgcc ggagctggaa
 60

gccaggcgcg ttatggaggt gtgcaacgcg tgccgctatt gcgaagggtt ctgcgcgcta
 120

tttctgcaa tgaccttgca gcgtcatttc gccagcggcg atctcagcca cctcgccaat
 180

ctctgccact cgtgccaaagg ttgctattac gcctgccaat acgcccctcc gcatgagttc
 240

ggaataaacg ttccaaaggc gctgtcggag ttgcggctcg agagctacga gcagcatgct
 300

tggccccggc cggtcgcccgc tctctatcgc aagaatgcgc tcatcatttc catcttgtcg
 360

gcggcatgca taaccggcgt ctttctgott gcgcgcatct tcaacgggga tgcacttttc
 420

gcgaaacacg catcggtgcc cggcggcggg ttttacaacg ttattcctta tcaggcgatg
 480

attgccgtcg cggcgaccac atttctttat tccgcgctgg cgctggcgat cagtctcggt
540

cgcttttcgc ggacgatcgg tctgggaatt aaggttcttt atcagcacgt gccggttctt
600

cgggcgctac gcgatgcggc gactctgcga tatctcggcg gcagcgacgg cgaggggtgt
660

aacgacgcgg acgagacatt ttcgacgacc cggcgaaaat ttcacacgc ccttgccat
720

ggcttcggac tttgtttcgc ggccacagcc acgggcacga tctacgatca tatgttcggc
780

tggccggcgc cctatgcgct tttcagcttg cgggtcgtcc tagggaccgt tggggggatc
840

ggaatggtcg tgggcgcgat cggcctactc tggctcaagc tggccggcga agacgtcct
900

cgatcacggg cactgcttgg gccggatgtt gccctgttgg tgcttctgct tgccatagcg
960

gcaacgggcc tcctcctttt agcggtcgcg agcacccaag tcatgggcgt cgcgctcgcc
1020

gtccatctcg gcgtcgtctt ggcttctttt ttggtgatgc catacagcaa atttgtccac
1080

ggtatcttca ggctcacggc tctcgtgcgc catcatgctg accgcgaggc aagtaatggc
1140

ttcgctcca gccctccac gaaaaaggt taa
1173

<210> 13
<211> 390
<212> PRT
<213> Sphingopyxis sp.

<220>
<221> Seq ID 13 (FumF)
<222> (1)..(390)

<300>
<308> FJ426269
<309> 2009-06-11
<313> (1)..(390)

<400> 13

Met	Gln	Asp	Phe	Asp	Leu	Val	Lys	Met	Leu	Ser	Asp	Leu	Pro	Ser	Ala
1				5					10					15	

Pro	Glu	Leu	Glu	Ala	Arg	Arg	Val	Met	Glu	Val	Cys	Asn	Ala	Cys	Arg
			20					25						30	

Tyr Cys Glu Gly Phe Cys Ala Val Phe Pro Ala Met Thr Leu Gln Arg
 35 40 45

His Phe Ala Ser Gly Asp Leu Ser His Leu Ala Asn Leu Cys His Ser
 50 55 60

Cys Gln Gly Cys Tyr Tyr Ala Cys Gln Tyr Ala Pro Pro His Glu Phe
 65 70 75 80

Gly Ile Asn Val Pro Lys Ala Leu Ser Glu Leu Arg Leu Glu Ser Tyr
 85 90 95

Glu Gln His Ala Trp Pro Arg Pro Val Ala Ala Leu Tyr Arg Lys Asn
 100 105 110

Ala Leu Ile Ile Ser Ile Leu Ser Ala Ala Cys Ile Thr Gly Val Leu
 115 120 125

Leu Leu Ala Ala Ile Phe Asn Gly Asp Ala Leu Phe Ala Lys His Ala
 130 135 140

Ser Val Pro Gly Gly Gly Phe Tyr Asn Val Ile Pro Tyr Gln Ala Met
 145 150 155 160

Ile Ala Val Ala Ala Thr Thr Phe Leu Tyr Ser Ala Leu Ala Leu Ala
 165 170 175

Ile Ser Leu Val Arg Phe Ser Arg Thr Ile Gly Leu Gly Ile Lys Val
 180 185 190

Leu Tyr Gln His Val Pro Val Leu Arg Ala Leu Arg Asp Ala Ala Thr
 195 200 205

Leu Arg Tyr Leu Gly Gly Ser Asp Gly Glu Gly Cys Asn Asp Ala Asp
 210 215 220

Glu Thr Phe Ser Thr Thr Arg Arg Lys Phe His His Ala Leu Ala Tyr
 225 230 235 240

Gly Phe Gly Leu Cys Phe Ala Ala Thr Ala Thr Gly Thr Ile Tyr Asp
 245 250 255

His Met Phe Gly Trp Pro Ala Pro Tyr Ala Leu Phe Ser Leu Pro Val
 260 265 270

Val Leu Gly Thr Val Gly Gly Ile Gly Met Val Val Gly Ala Ile Gly
275 280 285

Leu Leu Trp Leu Lys Leu Ala Gly Glu Asp Ala Pro Arg Ser Pro Ala
290 295 300

Leu Leu Gly Pro Asp Val Ala Leu Leu Val Leu Leu Leu Ala Ile Ala
305 310 315 320

Ala Thr Gly Leu Leu Leu Leu Ala Val Arg Ser Thr Glu Val Met Gly
325 330 335

Val Ala Leu Ala Val His Leu Gly Val Val Leu Ala Phe Phe Leu Val
340 345 350

Met Pro Tyr Ser Lys Phe Val His Gly Ile Phe Arg Leu Thr Ala Leu
355 360 365

Val Arg His His Ala Asp Arg Glu Ala Ser Asn Gly Phe Ala Ser Ser
370 375 380

Pro Pro Thr Lys Lys Gly
385 390

<210> 14
<211> 1296
<212> ADN
<213> Sphingopyxis sp.

<220>
<221> Seq ID 14 (fumG)
<222> (1)..(1296)

<300>
<308> FJ426269
<309> 2009-06-11
<313> (1)..(1296)

<400> 14
atggaacata tgaagtcctg tcgcatcgag agtagcggtca tgcagatcgt gagagtggcg
60

agtggcaact gtctcgagca atatgatttc ttcgtttacg gcttctatgc ggcatatatt
120

gcgagaagct tttttccgac cggcgataac ggcacatcgc tcatgctttc attggccact
180

tttggcgctg gtttcctcat gaggcccttg ggggcgattt ttctcgggtc ctacatogat
240

cgcgctcgggc gtcggaaagg cctgatcgtg aactcgcga tcatggccgt cggaaccctc
300

accattgcga tgactccaag ctatgaggca attggattac tcgcaccggt tatcgtgctc
360

gtcgggacgac ttttgcaggg tttttccgct ggagcagagt cgggtggcgt ctcaagtgtac
420

ttggcgga aa ttgcgtcgcc caaatcgaga ggcttcttca cctcgtggca gtctgccagc
480

cagcaggtgg ccgtcatgat cgccgccgcg atcgggtcttg cgctgcaatc aacgctttca
540

ccggagcaaa tgaacgactg gggatggcgg gtgcccttgt tgatcggatg cttgattatc
600

cccgtgatac tctggctgcg ccggtctctc ccggaaacga aagcctatct ccacatggag
660

cacaaggcgc attcgaatcg cgaatccctc cgcgaattgc aacagagctg ggggctgac
720

ttgacgggca tggcgatgtc gatcctcacg acgaccacct tttacatgat taccgcctat
780

acgccgacat ttggcgagaa agcactcgga ctgagccgcg aagatgtcct gctgggttacc
840

atcatggtcg gcgtgtcgaa ctctctgtgg ctcccgatcg ggggtgctct ctcgatcgt
900

atcggtagaa ccccgatcct actggtcgtg ccggtcaccg ttctcgccat cgcctttccc
960

ctgatgagct ggctcgtcgc ggcaccgaca ttccggagcgc ttgcagctgt tctgctgact
1020

ttctccgcat gctttggact ctataatggg gcgctcatcg cgagactcac cgagattatg
1080

cctcccgcca ttagaacct tggcttctcg ctggcggttca gtctcgcgac ctgctgttc
1140

ggcgggttca ccccatgggt aagtacggcg ctaatccacg cgacgggcag caattccgcg
1200

cctgcaatct ggctctgttt tgcggcttct atcagcttcg tcggtgtggc cgcacgcacc
1260

cggctgagcc ggccaatcgc cgaaggcgcc agatag
1296

<210> 15

<211> 431

<212> PRT

<213> Sphingopyxis sp.

<220>

<221> Seq ID 15 (FumG)

<222> (1)..(431)

<300>

<308> FJ426269

<309> 2009-06-11

<313> (1)..(431)

<400> 15

Met	Glu	His	Met	Lys	Ser	Val	Arg	Asp	Arg	Ser	Ser	Val	Met	Gln	Ile
1				5					10					15	

Val	Arg	Val	Ala	Ser	Gly	Asn	Cys	Leu	Glu	Gln	Tyr	Asp	Phe	Phe	Val
			20					25					30		

Tyr	Gly	Phe	Tyr	Ala	Ala	Tyr	Ile	Ala	Arg	Ser	Phe	Phe	Pro	Thr	Gly
	35						40					45			

Asp	Asn	Ala	Thr	Ser	Leu	Met	Leu	Ser	Leu	Ala	Thr	Phe	Gly	Ala	Gly
	50					55					60				

Phe	Leu	Met	Arg	Pro	Leu	Gly	Ala	Ile	Phe	Leu	Gly	Ser	Tyr	Ile	Asp
65					70					75				80	

Arg	Val	Gly	Arg	Arg	Lys	Gly	Leu	Ile	Val	Thr	Leu	Ala	Ile	Met	Ala
				85					90					95	

Val	Gly	Thr	Leu	Thr	Ile	Ala	Met	Thr	Pro	Ser	Tyr	Glu	Ala	Ile	Gly
			100					105					110		

Leu	Leu	Ala	Pro	Val	Ile	Val	Leu	Val	Gly	Arg	Leu	Leu	Gln	Gly	Phe
		115					120					125			

Ser	Ala	Gly	Ala	Glu	Ser	Gly	Gly	Val	Ser	Val	Tyr	Leu	Ala	Glu	Ile
	130					135					140				

Ala	Ser	Pro	Lys	Ser	Arg	Gly	Phe	Phe	Thr	Ser	Trp	Gln	Ser	Ala	Ser
145					150					155				160	

Gln	Gln	Val	Ala	Val	Met	Ile	Ala	Ala	Ala	Ile	Gly	Leu	Ala	Leu	Gln
				165					170					175	

Ser	Thr	Leu	Ser	Pro	Glu	Gln	Met	Asn	Asp	Trp	Gly	Trp	Arg	Val	Pro
			180					185					190		

Leu	Leu	Ile	Gly	Cys	Leu	Ile	Ile	Pro	Val	Ile	Leu	Trp	Leu	Arg	Arg
		195					200					205			

Ser Leu Pro Glu Thr Lys Ala Tyr Leu His Met Glu His Lys Ala His
210 215 220

Ser Ile Gly Glu Ser Leu Arg Glu Leu Gln Gln Ser Trp Gly Leu Ile
225 230 235 240

Leu Thr Gly Met Ala Met Ser Ile Leu Thr Thr Thr Thr Phe Tyr Met
245 250 255

Ile Thr Ala Tyr Thr Pro Thr Phe Gly Glu Lys Ala Leu Gly Leu Ser
260 265 270

Pro Gln Asp Val Leu Leu Val Thr Ile Met Val Gly Val Ser Asn Phe
275 280 285

Leu Trp Leu Pro Ile Gly Gly Ala Leu Ser Asp Arg Ile Gly Arg Thr
290 295 300

Pro Ile Leu Leu Val Val Pro Val Thr Val Leu Ala Ile Ala Phe Pro
305 310 315 320

Leu Met Ser Trp Leu Val Ala Ala Pro Thr Phe Gly Ala Leu Ala Ala
325 330 335

Val Leu Leu Thr Phe Ser Ala Cys Phe Gly Leu Tyr Asn Gly Ala Leu
340 345 350

Ile Ala Arg Leu Thr Glu Ile Met Pro Pro Ala Ile Arg Thr Leu Gly
355 360 365

Phe Ser Leu Ala Phe Ser Leu Ala Thr Ser Leu Phe Gly Gly Phe Thr
370 375 380

Pro Leu Val Ser Thr Ala Leu Ile His Ala Thr Gly Ser Asn Ser Ala
385 390 395 400

Pro Ala Ile Trp Leu Cys Phe Ala Ala Phe Ile Ser Phe Val Gly Val
405 410 415

Ala Ala Ser Thr Arg Leu Ser Arg Pro Ile Ala Glu Gly Ala Arg
420 425 430

<210> 16
<211> 1071
<212> ADN

<213> Sphingopyxis sp.

<220>

<221> Seq ID 16 (fumH)

<222> (1)..(1071)

<300>

<308> FJ426269

<309> 2009-06-11

<313> (1)..(1071)

<400> 16

atgagagcag tagtttaccg aaatggcgaa cttgtcctgg gggcctatgc tgatccgata
60

cccgccgccg ggcaggtgct cgtcaagacc agagcatgcg gcattctgcgg atctgacctt
120

cattttttgcg atcatgcgca ggcgtttacg aaccttgcat cgcgggcggg tatcgccctct
180

atggaagtgtg atttgtgtcg agacatcggt ctggggcatg aattctgtgg cgagattatg
240

gagttcgggc cctctgcgga tcgtcgcttc aaaccgggac agcttgtgtg ctgcgtgccg
300

ctggcgatcg gtccgaccgg agcgcgggacg attggctact cggatgagta tcccggcggg
360

ctcggcgaat atatggtcct cacggaagcg ctcttgctgc ctgttccgaa cggccttccg
420

gcgacctgcg cggcgttgac ggagccgatg gcggtgggat ggcattgccg cgagatcgcg
480

caggttcaac cacatcacat ccctgtggtg atcgggtgcg gaccggtcgg gttggcagtc
540

gtcgtgccc tgaaacataa gcaagttgct ccgattattg cgtcggatcc atcgcccgat
600

cggcgtgctc ttgctctgcg gatggggcgc gacgcggttg tcgatccgcg cgaagaatca
660

ccctttcgcc aggccgagaa gatcgacgcg ccggtcggac aagggtggggc cctgtccagc
720

tcattgctgt caaagtctca aatgatattc gaatgcgtag gggtgccggg catgcttcgg
780

catgcgatgg acggcgcgct cgacgggtcc gagatcatgg tcgttgggcg atgcatgcag
840

ccggacgcga tcgagcccat gatcgggatg tttaaagcgc tcacgatcaa attctcgcca
900

acttacacgg gtgaggaatt cgccgcggtg cttcacatga taggtgaggg cgcactcgac
960

gtatctccgc tcgttaccga tgtgattggc ctgtccgatg tcccgtccgc gtttgaggct
1020

ctacggagtc caggcgccca agcaaaagtg attgtggacc cttggcgctg a
1071

<210> 17
<211> 356
<212> PRT
<213> Sphingopyxis sp.

<220>
<221> Seq ID 17 (FumH)
<222> (1)..(356)

<300>
<308> FJ426269
<309> 2009-06-11
<313> (1)..(356)

<400> 17

Met Arg Ala Val Val Tyr Arg Asn Gly Glu Leu Val Leu Gly Ala Tyr
1 5 10 15

Ala Asp Pro Ile Pro Ala Ala Gly Gln Val Leu Val Lys Thr Arg Ala
20 25 30

Cys Gly Ile Cys Gly Ser Asp Leu His Phe Cys Asp His Ala Gln Ala
35 40 45

Phe Thr Asn Leu Ala Ser Arg Ala Gly Ile Ala Ser Met Glu Val Asp
50 55 60

Leu Cys Arg Asp Ile Val Leu Gly His Glu Phe Cys Gly Glu Ile Met
65 70 75 80

Glu Phe Gly Pro Ser Ala Asp Arg Arg Phe Lys Pro Gly Gln Leu Val
85 90 95

Cys Ser Leu Pro Leu Ala Ile Gly Pro Thr Gly Ala Arg Thr Ile Gly
100 105 110

Tyr Ser Asp Glu Tyr Pro Gly Gly Leu Gly Glu Tyr Met Val Leu Thr
115 120 125

Glu Ala Leu Leu Leu Pro Val Pro Asn Gly Leu Pro Ala Thr Cys Ala
130 135 140

Ala Leu Thr Glu Pro Met Ala Val Gly Trp His Ala Val Glu Ile Ala

[illegible]

```
<210> 18
<211> 1269
<212> ADN
<213> Sphingopyxis sp.
```

<220>
<221> Seq ID 18 (fumI)
<222> (1)..(1269)

<300>
<308> FJ426269
<309> 2009-06-11
<313> (1)..(1269)

<400> 18
atggcgaacg gaacaaggca gaaagatctc agagaacgcg ccgaacgggt cattccgggc
60

gggatgtacg gccacgagtc gacacggttg ctgccgccag aattccccca gttcttcagg
120

cgcgcgctgg gggcacgaat ttgggacgcc gacgagcagc cctatatcga ctatatgtgc
180

gcgtatgggc caaatttgct cggttaccgg caatccgaaa tcgaagccgc ggctgatgcg
240

cagcgacttc tcggcgacac catgaccggt ccttcggaga toatgggtcaa cctcgccgaa
300

gcctttgtgg gcatgggtccg tcatgcggat tgggcgatgt tctgcaaaaa tggcagcgat
360

gccacctcaa cggcgatggg tctcgcgctg gcccatcagg ggcgcaaaac catattatgc
420

gccaaaggcg cctatcatgg cgcttccccg tggaacactc cgcatactgc cgggattctc
480

gcttccgata cggtgcatgt cgcataattat acctataacg acgccccaaag cttatcggac
540

gcgttcaagg cgcacgatgg cgatatcgcg gctgtctttg ccacaccttt ccgacacgaa
600

gtatttgagg accaggccct cgcccagctt gagttcgcgc gcaccgctcg aaaatgttgt
660

gacgagaccg gtgcgcttct ggtcgttgac gatgtgcgcg caggtttccg ggtggcgcg
720

gattgcagct ggacgcattt gggtatcgaa cccgatctca gttgctgggg aaaatgcttt
780

gcgaatggct atccgatctc cgccctgctg ggctogaaca aggcgcgcga tgcggcgcg
840

gatatatttg tgaccggctc cttctggttc tctgcggtac cgatggcggc cgcgatcgaa
900

accctcagga tcattcgaga gacgccttat ctogaaacgc tgatcgccag cggcgccg
960

ctgcgggcag gcctggaggc acagtctcag cgccatggtc ttgagttgaa gcagacgggc
1020

ccggcgcaga tgccgcaaatt attctttgcg gacgatcccg attttcggat cggctatgcg
1080

tgggcccgcgg cgtgcctgaa gggcggcgtc tatgttcata cctatcacia tatgtttctc
1140

tctgcggccc atacagttga cgatgtaacg gagaccctcg aggcgacgga tcgcgcgttc
1200

agcgcggtcc tcagagattt tgcgtctctc cagcctcatt ccattttaat gcaactcgcc
1260

ggtgcttga
1269

<210> 19
<211> 422
<212> PRT
<213> Sphingopyxis sp.

<220>
<221> Seq ID 19 (FumI)
<222> (1)..(422)

<300>
<308> FJ426269
<309> 2009-06-11
<313> (1)..(422)

<400> 19

Met Ala Asn Gly Thr Arg Gln Lys Asp Leu Arg Glu Arg Ala Glu Arg
1 5 10 15

Val Ile Pro Gly Gly Met Tyr Gly His Glu Ser Thr Arg Leu Leu Pro
20 25 30

Pro Glu Phe Pro Gln Phe Phe Arg Arg Ala Leu Gly Ala Arg Ile Trp
35 40 45

Asp Ala Asp Glu Gln Pro Tyr Ile Asp Tyr Met Cys Ala Tyr Gly Pro
50 55 60

Asn Leu Leu Gly Tyr Arg Gln Ser Glu Ile Glu Ala Ala Ala Asp Ala
65 70 75 80

Gln Arg Leu Leu Gly Asp Thr Met Thr Gly Pro Ser Glu Ile Met Val
85 90 95

Asn Leu Ala Glu Ala Phe Val Gly Met Val Arg His Ala Asp Trp Ala
100 105 110

Met Phe Cys Lys Asn Gly Ser Asp Ala Thr Ser Thr Ala Met Val Leu
 115 120 125

Ala Arg Ala His Thr Gly Arg Lys Thr Ile Leu Cys Ala Lys Gly Ala
 130 135 140

Tyr His Gly Ala Ser Pro Trp Asn Thr Pro His Thr Ala Gly Ile Leu
 145 150 155 160

Ala Ser Asp Arg Val His Val Ala Tyr Tyr Thr Tyr Asn Asp Ala Gln
 165 170 175

Ser Leu Ser Asp Ala Phe Lys Ala His Asp Gly Asp Ile Ala Ala Val
 180 185 190

Phe Ala Thr Pro Phe Arg His Glu Val Phe Glu Asp Gln Ala Leu Ala
 195 200 205

Gln Leu Glu Phe Ala Arg Thr Ala Arg Lys Cys Cys Asp Glu Thr Gly
 210 215 220

Ala Leu Leu Val Val Asp Asp Val Arg Ala Gly Phe Arg Val Ala Arg
 225 230 235 240

Asp Cys Ser Trp Thr His Leu Gly Ile Glu Pro Asp Leu Ser Cys Trp
 245 250 255

Gly Lys Cys Phe Ala Asn Gly Tyr Pro Ile Ser Ala Leu Leu Gly Ser
 260 265 270

Asn Lys Ala Arg Asp Ala Ala Arg Asp Ile Phe Val Thr Gly Ser Phe
 275 280 285

Trp Phe Ser Ala Val Pro Met Ala Ala Ala Ile Glu Thr Leu Arg Ile
 290 295 300

Ile Arg Glu Thr Pro Tyr Leu Glu Thr Leu Ile Ala Ser Gly Ala Ala
 305 310 315 320

Leu Arg Ala Gly Leu Glu Ala Gln Ser Gln Arg His Gly Leu Glu Leu
 325 330 335

Lys Gln Thr Gly Pro Ala Gln Met Pro Gln Ile Phe Phe Ala Asp Asp
 340 345 350

Pro Asp Phe Arg Ile Gly Tyr Ala Trp Ala Ala Ala Cys Leu Lys Gly

355

360

365

Gly Val Tyr Val His Pro Tyr His Asn Met Phe Leu Ser Ala Ala His
 370 375 380

Thr Val Asp Asp Val Thr Glu Thr Leu Glu Ala Thr Asp Arg Ala Phe
 385 390 395 400

Ser Ala Val Leu Arg Asp Phe Ala Ser Leu Gln Pro His Pro Ile Leu
 405 410 415

Met Gln Leu Ala Gly Ala
 420

<210> 20
 <211> 2835
 <212> ADN
 <213> Sphingopyxis sp.

<220>
 <221> Seq ID 20 (fumJ)
 <222> (1)..(2835)

<300>
 <308> FJ426269
 <309> 2009-06-11
 <313> (1)..(2835)

<400> 20
 atgtatcgga agttcagaat cgaaaagccc ggcaaggcaa atagtttgct cggcgagta
 60

gcgctcggca ccctcgcat tctgtctct gccagtgtc aggatagcga tcccgcatcg
 120

ataggtcagc cggacgaagc ggacacggac cggggaacga gcgaaatcgt cgtgaccggc
 180

agccgcctcc agaacggctt caattcgccg acgccggtta cagccgtatc cagcgagcag
 240

ttgaaggagg catctccgac caaccttgcc gacgcactca accagctgcc cgtgttcaac
 300

gacagcttga agacctcaa ccctggcacg acacccggaa cggggaacag cggtcagaac
 360

ctgctcaaca tgcgcggcct cgggtcaaac cggaacctcg tctgtctgaa cggcaaccgt
 420

ttcgtcgcga ccaatttcac aggctcggtc gatatcaacg tgctgccgca ggcgttggtc
 480

aagcgcgtcg atgtcgtgac gggcggcgcc tcggccgcct acggttccga tgccgtttcg
 540

ggcgtcatca acttcgtgct cgacgaagat ctggaaggca tcagggccga gctccagtcg
600

ggtgtttcaa cccgcggcga cctcccgctc tacggcggtt cgatcgctt cggcacttcg
660

tttgccgacg accggttgca cttgctcggc agcttcgaat attttcgaca ggacggaatc
720

cgggccgatg aagcaacggg tcgccgctgg ttcgacatcg ccgccggcca atatcccggtg
780

cccggcgcta cgacaggcgt caccgtcgtg cccgatattc gcagttctcg cggatcctac
840

ggcggacttg tcacgtccgg ccctctgaaa ggcacgcgt ttttgcccg aggagtccta
900

gggaccttcg actacgggaa ttttacgagc tcgtcgttcc agagcggcgg cgatggaccg
960

cgcgtgaata tcggcttcgc cccggatcag cttcgctaca acgcgttcct acgcgccgca
1020

tatgatgtgt ccgacactgt gcagggtgat gcggagggca cctatgctta ttcccacacc
1080

aacctgggtg cattcgtaat atcgcatgtc ggtggctcga ataatttcog gatcttcogt
1140

gataacgcct tccttcggc tccactcgcg acgctcatgg acagaaatgc ccaggcttcg
1200

atcgttgtcg gtcgcttctc aagcgacttt cccttggctg aaatcgagaa tttcgcaaag
1260

gtctaccgcg gcgctgccgg cttccgggca gacattggca atggctggaa actcgatggc
1320

tcggcctcct ttggccttac ggacctcgag cttcgtgaaa acaatctcac catcaaccgc
1380

aatctctacg ccgccgtcga tgcggtccgc gatcccgcg gcaatatcgt ctgccgttca
1440

acactggccg gcctcgacca agattgcgtg ccgctcaatc tcttcggcac aggctcgccg
1500

agcgcgtcgg ccatcgacta tgtcaccgct gatggcgctg ctcagctgag gcttgagcaa
1560

tatgtggcgg gactcacgat ttccggcgac ctccggcgata gcctgtcgtt cggcgcgggc
1620

ccggtctcgg tcgccgctgg tatcgaatat cgcaaggaga aggcccgga ggaaaccgac
1680

gcgatatcg aggcgacgac ctcgatcacg ggaatcaggg gggctccggc ggcgcaggca
1740

ggtcggcctg gaggtttcaa tctctacaac ccacttcctt tctcgggaag ctatgacatc
1800

aaggaagggtt ttgtcgaaat cggcgtcccg attctgaagg acagcgcgct gggacgttcg
1860

ctgaacttaa acggcgccgt ccgatatgcc gattacagcc agtcgggtgg agtaacaacc
1920

tggaagctgg gcggagaata tgagccgacg gacggcctca ggttcgcgcg gaccggttcg
1980

cgagatatcc gcgggccaag ccttgctcag ctattcgacc ccggccgtca ggcgacgctc
2040

aattcaattt atggcggaca ggctgtgcag acgcggttct ttaccgcggg caacgcggat
2100

ttgcgccctg aaaaggcggg cgtccttaca ttccggcggg tgctacgccc cgccttcgtg
2160

ccgggggtttc agttttcggg cgatcgctat gtggtgaagg tgaagggcgc gatcgatttc
2220

ctccttcccc agcaggaaat cgacgcgtgc gatgcaggaa acaccttctt ctgcgacctc
2280

ataacggaga atccggacgg caccatcaca gtgacgggtc ccaatctcaa cctggctgtc
2340

cagaaagcgg cgggaattga cttcgaggcc tattactcac gccccgtcgg cggcggcacg
2400

ttcagtcttc gtgcgctggc aacgcacat acctctgctt atcgcatcgc gaccggctcg
2460

gcgccccatcc gttcgtcggg acaaccggac acgccccaat ggtcggccaa cttccaggcg
2520

cgatattcga ccgacgattg ggcgcttctc gtgcagcagc gcttcacgcg agcatcggtg
2580

ttcaatgccg acaatgtgga gggcgtcgat acgaatttga accacgctcc ggcgggttgg
2640

tacaccgacg cgacattgac cttcgacatc gcggcctttg gccagaagca gcagctgttt
2700

ctatcgggtca ataatttggt cgaccgagat ccgccaatag cgacgaacga cccagcagt
2760

ttttccagcc cgaccagctc tgcttatgat ccggtcggcc gctattttaa tgcgggggtc
2820

cgttttccgga tctga
2835

<210> 21
<211> 944
<212> PRT

<213> Sphingopyxis sp.

<220>

<221> Seq ID 21 (FumJ)

<222> (1)..(944)

<300>

<308> FJ426269

<309> 2009-06-11

<313> (1)..(944)

<400> 21

Met Tyr Arg Lys Phe Arg Ile Glu Lys Pro Gly Lys Ala Asn Ser Leu
1 5 10 15

Leu Gly Ala Val Ala Leu Gly Thr Leu Ala Phe Pro Val Ser Ala Ser
20 25 30

Ala Gln Asp Ser Asp Pro Ala Ser Ile Gly Gln Pro Asp Glu Ala Asp
35 40 45

Thr Asp Arg Gly Thr Ser Glu Ile Val Val Thr Gly Ser Arg Leu Gln
50 55 60

Asn Gly Phe Asn Ser Pro Thr Pro Val Thr Ala Val Ser Ser Glu Gln
65 70 75 80

Leu Lys Glu Ala Ser Pro Thr Asn Leu Ala Asp Ala Leu Asn Gln Leu
85 90 95

Pro Val Phe Asn Asp Ser Leu Lys Thr Ser Asn Pro Gly Thr Thr Pro
100 105 110

Gly Thr Gly Asn Ser Gly Gln Asn Leu Leu Asn Met Arg Gly Leu Gly
115 120 125

Ser Asn Arg Asn Leu Val Leu Leu Asn Gly Asn Arg Phe Val Ala Thr
130 135 140

Asn Phe Thr Gly Ser Val Asp Ile Asn Val Leu Pro Gln Ala Leu Val
145 150 155 160

Lys Arg Val Asp Val Val Thr Gly Gly Ala Ser Ala Ala Tyr Gly Ser
165 170 175

Asp Ala Val Ser Gly Val Ile Asn Phe Val Leu Asp Glu Asp Leu Glu
180 185 190

Gly Ile Arg Ala Glu Leu Gln Ser Gly Val Ser Thr Arg Gly Asp Leu
 195 200 205

Pro Ser Tyr Gly Gly Ser Ile Ala Phe Gly Thr Ser Phe Ala Asp Asp
 210 215 220

Arg Leu His Leu Leu Gly Ser Phe Glu Tyr Phe Arg Gln Asp Gly Ile
 225 230 235 240

Arg Ala Asp Glu Ala Thr Gly Arg Arg Trp Phe Asp Ile Ala Ala Gly
 245 250 255

Gln Tyr Pro Val Pro Gly Ala Thr Thr Gly Val Thr Val Val Pro Asp
 260 265 270

Ile Arg Ser Ser Arg Gly Ser Tyr Gly Gly Leu Val Thr Ser Gly Pro
 275 280 285

Leu Lys Gly Ile Ala Phe Leu Pro Gly Gly Val Leu Gly Thr Phe Asp
 290 295 300

Tyr Gly Asn Phe Thr Ser Ser Ser Phe Gln Ser Gly Gly Asp Gly Pro
 305 310 315 320

Arg Val Asn Ile Gly Phe Ala Pro Asp Gln Leu Arg Tyr Asn Ala Phe
 325 330 335

Leu Arg Ala Ala Tyr Asp Val Ser Asp Thr Val Gln Val Tyr Ala Glu
 340 345 350

Gly Thr Tyr Ala Tyr Ser His Thr Asn Leu Gly Ala Phe Val Ile Ser
 355 360 365

His Val Gly Gly Ser Asn Asn Phe Arg Ile Phe Arg Asp Asn Ala Phe
 370 375 380

Leu Pro Ala Pro Leu Ala Thr Leu Met Asp Arg Asn Ala Gln Ala Ser
 385 390 395 400

Ile Val Val Gly Arg Phe Ser Ser Asp Phe Pro Leu Val Glu Ile Glu
 405 410 415

Asn Phe Ala Lys Val Tyr Arg Gly Ala Ala Gly Phe Arg Ala Asp Ile
 420 425 430

Gly Asn Gly Trp Lys Leu Asp Gly Ser Ala Ser Phe Gly Leu Thr Asp
 435 440 445

Leu Glu Leu Arg Glu Asn Asn Leu Thr Ile Asn Arg Asn Leu Tyr Ala
 450 455 460

Ala Val Asp Ala Val Arg Asp Pro Ala Gly Asn Ile Val Cys Arg Ser
 465 470 475 480

Thr Leu Ala Gly Leu Asp Gln Asp Cys Val Pro Leu Asn Leu Phe Gly
 485 490 495

Thr Gly Ser Pro Ser Ala Ser Ala Ile Asp Tyr Val Thr Ala Asp Gly
 500 505 510

Val Ala Gln Leu Arg Leu Glu Gln Tyr Val Ala Gly Leu Thr Ile Ser
 515 520 525

Gly Asp Leu Gly Asp Ser Leu Ser Phe Gly Ala Gly Pro Val Ser Val
 530 535 540

Ala Ala Gly Ile Glu Tyr Arg Lys Glu Lys Ala Arg Gln Glu Thr Asp
 545 550 555 560

Ala Ile Ser Gln Ala Thr Thr Ser Ile Thr Gly Ile Arg Gly Ala Pro
 565 570 575

Ala Ala Gln Ala Gly Arg Pro Gly Gly Phe Asn Leu Tyr Asn Pro Leu
 580 585 590

Pro Phe Ser Gly Ser Tyr Asp Ile Lys Glu Gly Phe Val Glu Ile Gly
 595 600 605

Val Pro Ile Leu Lys Asp Ser Ala Leu Gly Arg Ser Leu Asn Leu Asn
 610 615 620

Gly Ala Val Arg Tyr Ala Asp Tyr Ser Gln Ser Gly Gly Val Thr Thr
 625 630 635 640

Trp Lys Leu Gly Gly Glu Tyr Glu Pro Ile Asp Gly Leu Arg Phe Arg
 645 650 655

Ala Thr Arg Ser Arg Asp Ile Arg Gly Pro Ser Leu Val Glu Leu Phe
 660 665 670

Asp Pro Gly Arg Gln Ala Thr Leu Asn Ser Ile Tyr Gly Gly Gln Ala

675	680	685
Val Gln Thr Arg Phe Phe Thr Ala Gly Asn Ala Asp Leu Arg Pro Glu 690 695 700		
Lys Ala Asp Val Leu Thr Phe Gly Ala Val Leu Arg Pro Ala Phe Val 705 710 715 720		
Pro Gly Phe Gln Phe Ser Val Asp Arg Tyr Val Val Lys Val Lys Gly 725 730 735		
Ala Ile Asp Phe Leu Leu Pro Gln Gln Glu Ile Asp Ala Cys Asp Ala 740 745 750		
Gly Asn Thr Phe Phe Cys Asp Leu Ile Thr Glu Asn Pro Asp Gly Thr 755 760 765		
Ile Thr Val Thr Gly Pro Asn Leu Asn Leu Ala Val Gln Lys Ala Ala 770 775 780		
Gly Ile Asp Phe Glu Ala Tyr Tyr Ser Arg Pro Val Gly Gly Gly Thr 785 790 795 800		
Phe Ser Leu Arg Ala Leu Ala Thr His His Thr Ser Ala Tyr Arg Ile 805 810 815		
Ala Thr Gly Ser Ala Pro Ile Arg Ser Leu Gly Gln Pro Asp Thr Pro 820 825 830		
Lys Trp Ser Ala Asn Phe Gln Ala Arg Tyr Ser Thr Asp Asp Trp Ala 835 840 845		
Leu Leu Val Gln Gln Arg Phe Ile Ala Ala Ser Val Phe Asn Ala Asp 850 855 860		
Asn Val Glu Gly Val Asp Thr Asn Leu Asn His Ala Pro Ala Val Trp 865 870 875 880		
Tyr Thr Asp Ala Thr Leu Thr Phe Asp Ile Ala Ala Phe Gly Gln Lys 885 890 895		
Gln Gln Leu Phe Leu Ser Val Asn Asn Leu Phe Asp Arg Asp Pro Pro 900 905 910		
Ile Ala Thr Asn Asp Pro Ser Ser Phe Ser Ser Pro Thr Ser Ser Ala 915 920 925		

Tyr Asp Pro Val Gly Arg Tyr Phe Asn Val Gly Val Arg Phe Arg Ile
 930 935 940

<210> 22
 <211> 417
 <212> ADN
 <213> Sphingopyxis sp.

<220>
 <221> Seq ID 22 (fumK)
 <222> (1)..(417)

<300>
 <308> FJ426269
 <309> 2009-06-11
 <313> (1)..(417)

<400> 22
 atgcgcctca cgggcggaga attattggca cgatgtttgg ccgtcgaagg cgtccggtat
 60
 gtcttcggcc tcatgtcgcc ggaggtggat ccgctcctgg ctgcgctcga agacaatggg
 120
 atattgttcg tcccgggtcg gcacgaggcc gccgcagcct atatggccga gggcatttac
 180
 aagaccaccg gacaggtcgc cgcgattgtc acgaatccgg gtcccggtag ggcaaacctt
 240
 ctgcctggag tcgtgacggc acgccacgaa ggggttcctt tcgtcgcaat aacgtcccag
 300
 catcaacttg gtgtcgttta tccctgcacg ccaaaaacct ttcagggaca agaccagatc
 360
 gacctcttcc gaccgcgggt taaatggggc gcacccatct tcgcctggaa ccggatt
 417

<210> 23
 <211> 139
 <212> PRT
 <213> Sphingopyxis sp.

<220>
 <221> Seq ID 23 (FumK)
 <222> (1)..(139)

<300>
 <308> FJ426269
 <309> 2009-06-11
 <313> (1)..(139)

<400> 23

Met Arg Leu Thr Gly Gly Glu Leu Leu Ala Arg Cys Leu Ala Val Glu
1 5 10 15

Gly Val Arg Tyr Val Phe Gly Leu Met Ser Pro Glu Val Asp Pro Leu
20 25 30

Leu Ala Ala Leu Glu Asp Asn Gly Ile Leu Phe Val Pro Val Arg His
35 40 45

Glu Ala Ala Ala Ala Tyr Met Ala Glu Gly Ile Tyr Lys Thr Thr Gly
50 55 60

Gln Val Ala Ala Ile Val Thr Asn Pro Gly Pro Gly Thr Ala Asn Leu
65 70 75 80

Leu Pro Gly Val Val Thr Ala Arg His Glu Gly Val Pro Phe Val Ala
85 90 95

Ile Thr Ser Gln His Gln Leu Gly Val Val Tyr Pro Cys Thr Pro Lys
100 105 110

Thr Phe Gln Gly Gln Asp Gln Ile Asp Leu Phe Arg Pro Ala Val Lys
115 120 125

Trp Gly Ala Pro Ile Phe Ala Trp Asn Arg Ile
130 135

<210> 24
<211> 1272
<212> ADN
<213> Caulobacter sp.

<220>
<221> Seq ID 24
<222> (1)..(1272)

<300>
<308> FJ426269
<309> 2009-06-11
<313> (1)..(1272)

<400> 24
atggaattga gccgccaacg agaccaggcc ttgagggagc gcgccaagc ggtgatcccg
60

ggcggggatgt acggtcacga gtcgacctat ctgatgcccg agggcacgcc acagttcttc
120

agtcgcggca aaggcgcccc actttgggac gccgacggca acgagtatgt cgattacatg
180

tgcgcctatg gccccaacct gctgggttac ggcttcgaac ccgtcgaagc ggccgccgca
 240
 gccagcaag cccggggcga taccctgacc gggccgtcgg aggtgatggg gcagttggcg
 300
 gaagacttcg tcgcgcaaatt cagccacgcg gactgggcca tgttctgcaa gaacggcaca
 360
 gacgccacct caatggcgat ggtcatcgcg cgcgcacaca ccggccggaa gacgatcctc
 420
 tgcgcgaaag ggcctatca tggggccgcg ccttggtgca cgccgatcct ggccggaacg
 480
 ctaccggagg atcgcgcctt tgtagtctac tacgactaca atgacgcca aagcctcgtc
 540
 gacgccttcg aggcccatca ggacgacgtc gggcgatct tcgccacccc tcaccgtcac
 600
 gaggtgttca gcgaccagat cgatcctgat ccggaatatg cggccagcgt gcgggcgctc
 660
 tgcgacaaga gcggcgccct gctcgtcgtc gacgaagtgc gagccgggtt caggatcgcg
 720
 cgcgactgca gctggggcaa gatcggcgtc gctccggatc tgagcacctg gggcaagtgc
 780
 ttgcgcaacg gctatccgat ctccggcggtc ctagggggcg aaaaggtgcg cagcgcggca
 840
 aaggccgtct acgtcaccgg ctcggttctgg ttctcggcca cgcccatggc cgcagccgtc
 900
 gaaacctga agcaaatccg cgagaccgac tatctcgagc ggatcaacgc ggccgggacc
 960
 cgctgcgcg agggcctgca gcagcaggct gtcacaacg gctttacgtt gcgccaacg
 1020
 gggcccgctt ccatgcccc agtcctcttc gaggaagatc ccgattttcg ggtcggctac
 1080
 ggctgggttc gcgaatgcct gaagcgaggg gtgtacttca gccctacca taacatgttc
 1140
 ctgtcggcgg cccatagcga ggcggacctg gccaagacct ttgcggctac cggcgacgcc
 1200
 ttctcgagc tacgcgcaa gcttccgagc ctagaaatcc accaaccctt cctcgccctg
 1260
 agagcggcct aa
 1272

<210> 25
 <211> 423
 <212> PRT

<213> Caulobacter sp.

<220>

<221> Seq ID 25

<222> (1)..(423)

<300>

<308> FJ426269

<309> 2009-06-11

<313> (1)..(423)

<400> 25

Met Glu Leu Ser Arg Gln Arg Asp Gln Ala Leu Arg Glu Arg Ala Gln
1 5 10 15

Ala Val Ile Pro Gly Gly Met Tyr Gly His Glu Ser Thr Tyr Leu Met
20 25 30

Pro Glu Gly Thr Pro Gln Phe Phe Ser Arg Gly Lys Gly Ala Arg Leu
35 40 45

Trp Asp Ala Asp Gly Asn Glu Tyr Val Asp Tyr Met Cys Ala Tyr Gly
50 55 60

Pro Asn Leu Leu Gly Tyr Gly Phe Glu Pro Val Glu Ala Ala Ala Ala
65 70 75 80

Ala Gln Gln Ala Arg Gly Asp Thr Leu Thr Gly Pro Ser Glu Val Met
85 90 95

Val Gln Leu Ala Glu Asp Phe Val Ala Gln Ile Ser His Ala Asp Trp
100 105 110

Ala Met Phe Cys Lys Asn Gly Thr Asp Ala Thr Ser Met Ala Met Val
115 120 125

Ile Ala Arg Ala His Thr Gly Arg Lys Thr Ile Leu Cys Ala Lys Gly
130 135 140

Ala Tyr His Gly Ala Ala Pro Trp Cys Thr Pro Ile Leu Ala Gly Thr
145 150 155 160

Leu Pro Glu Asp Arg Ala Phe Val Val Tyr Tyr Asp Tyr Asn Asp Ala
165 170 175

Gln Ser Leu Val Asp Ala Phe Glu Ala His Gln Asp Asp Val Ala Ala
180 185 190

Ile Phe Ala Thr Pro His Arg His Glu Val Phe Ser Asp Gln Ile Asp
 195 200 205
 Pro Asp Pro Glu Tyr Ala Ala Ser Val Arg Ala Leu Cys Asp Lys Ser
 210 215 220
 Gly Ala Leu Leu Val Val Asp Glu Val Arg Ala Gly Phe Arg Ile Ala
 225 230 235 240
 Arg Asp Cys Ser Trp Ala Lys Ile Gly Val Ala Pro Asp Leu Ser Thr
 245 250 255
 Trp Gly Lys Cys Phe Ala Asn Gly Tyr Pro Ile Ser Ala Val Leu Gly
 260 265 270
 Gly Glu Lys Val Arg Ser Ala Ala Lys Ala Val Tyr Val Thr Gly Ser
 275 280 285
 Phe Trp Phe Ser Ala Thr Pro Met Ala Ala Ala Val Glu Thr Leu Lys
 290 295 300
 Gln Ile Arg Glu Thr Asp Tyr Leu Glu Arg Ile Asn Ala Ala Gly Thr
 305 310 315 320
 Arg Leu Arg Glu Gly Leu Gln Gln Gln Ala Ala His Asn Gly Phe Thr
 325 330 335
 Leu Arg Gln Thr Gly Pro Val Ser Met Pro Gln Val Leu Phe Glu Glu
 340 345 350
 Asp Pro Asp Phe Arg Val Gly Tyr Gly Trp Val Arg Glu Cys Leu Lys
 355 360 365
 Arg Gly Val Tyr Phe Ser Pro Tyr His Asn Met Phe Leu Ser Ala Ala
 370 375 380
 His Ser Glu Ala Asp Leu Ala Lys Thr Leu Ala Ala Thr Gly Asp Ala
 385 390 395 400
 Phe Val Glu Leu Arg Ala Lys Leu Pro Ser Leu Glu Ile His Gln Pro
 405 410 415
 Leu Leu Ala Leu Arg Ala Ala
 420